

云南林产业主要树种培育技术丛书

云杉

郭立群 撰写

云南省林业科学院老科协 编著

云南省林业技术推广总站

2011年7月

一、形态特征

云杉为高大常绿乔木，树干端直。高约 45m，胸径 1m，树冠为狭圆锥形，树皮灰色，呈鳞片状脱落，大枝平展，小枝上有毛，一年生枝黄褐色。枝轮生，小枝上有显著的下延叶枕，叶生于叶枕之上，脱落后，枝条粗糙；芽鳞覆瓦状排列，小枝基部有宿存芽鳞。叶在枝上呈螺旋状排列，四棱状条形，弯曲，呈粉状青绿色，横切面四方形、菱形或扁平，先端尖，四面有气孔线，气孔线条数相等、近于相等或下面较少，稀下面无气孔线。花单性，雌雄同株，雄球花单生叶腋，雌球花单生枝顶。球果下垂，卵状圆柱形或圆柱形，5 月开花，10 月球果成熟；种鳞宿存，薄木质或接近革质，上部边缘全缘或有细缺齿，苞鳞短小，不露出。种子倒卵圆形或卵圆形，种翅长，倒卵形，膜质。具有周期性结实现象，一般 4-5 年出现 1 次丰年，歉年的种子品质差，发芽率低。

根据叶形及气孔线情况可将云杉种类分为 3 组：即云杉组、丽江云杉组和鱼鳞云杉组。云杉组叶横切面四方形、菱形，四面有气孔线，气孔线条数相等，或近相等，包括白皮云杉、鳞皮云杉、粗枝云杉、红皮云杉、白杆、青海云杉、雪岭云杉、新疆云杉、青杆、大果青杆、台湾云杉、长叶云杉等。丽江云杉组叶横切面近方形、菱形或扁平，叶上面每边的气孔线较下面多 1 倍，稀叶下面无气孔线，包括丽江云杉、紫果云杉等。鱼鳞云杉组叶横切面扁平，下面无气孔线，上面有两条白粉气孔带，包括鱼鳞云杉、麦吊云杉、西藏云杉等。

研究资料表明，我国横断山区是全球云杉种类分布最为集中的地区。滇西北地处横断山中段，又位于青藏高原、川西高原和云贵高原的交汇地区，长期以来，对本区的暗针叶林树种分类，缺乏深入研究。根据笔者多年来在滇西北地区对云杉的采集研究，滇西北地区不仅是丽江云杉复合种群的分布中心，而且还是藏东南和川西南一些云杉种类向南延伸分布的边缘地区。初步确定本区共有云杉 3 种 4 变种。其形态特征主要是：

1、丽江云杉 (*Picea likiangensis*)

本种为复合种，包括原变种和 3 变种。

(1)、丽江云杉原变种 (*P. likiangensis* var. *likiangensis*)。树皮深灰色或灰褐色，深裂成不规则的厚块片状。枝条平展，树冠塔形。一年生枝淡黄色或淡褐黄色，小枝基部芽鳞不反卷或微开展；叶棱状条形或扁四棱形，长 0.6~1.5cm，宽 1~1.5mm，横切面菱形或微扁，上面每边有气孔线 4~7 条，下面每边有气孔线 1~2 条，个别叶无气孔线或有 3~4 条不完整的气孔线。球果卵状长圆形或圆柱形，长 7~12cm，径 3.5~5.0cm，中部种鳞菱状卵形，长 1.5~2.6cm，宽 1~1.7cm，中部或中下部宽，上部渐窄，上部成三角形或钝三角形，边缘有细缺齿，

稀呈微波状，成熟前红褐色或黑紫色。

(2)、林芝云杉 (*P. likiangensis* var. *linzhiensis*)。小枝密被柔毛及腺毛(头状腺毛)。叶下面无气孔线，稀个别有 1~2 条不完整气孔线。球果短圆柱状或卵状长圆形，长 7~10cm，成熟前红色或紫红色，中部种鳞斜方状卵形。

(3)、川西云杉(西康云杉 *P. likiangensis* var. *balfouriana*)。大枝较短，平展，枝梢向上弯曲；小枝较粗短，密生短柔毛；一年生枝黄色或淡褐黄色，2~3 年生枝黄灰色至灰色。叶长 0.6~1.5cm，宽 1.5mm，叶背面顶端平圆，不呈斜方形，上面有 4~7 条白粉气孔线，下面有 3~4 条完整或不完整的气孔线，稀 1~2 条或多至 5 条。球果卵状长圆形或圆柱状长圆形，成熟前后几同色，呈红紫色，紫红色或黑紫色，长 4~9cm，径 2.8~4.8cm，中部种鳞斜方状卵形，上部渐窄呈三角状，边缘波状，有细缺齿。

(4)、黄果云杉 (*P. likiangensis* var. *hirtella*)。小枝有密毛，叶下面有 3~4 条不完整气孔线。球果成熟前绿黄色或黄色，熟时褐黄色。

2、油麦吊云杉 (*P. brachytyla* var. *complanata*)。为麦吊云杉 (*P. brachytyla*) 的变种。树皮灰色或淡灰色，裂成不规则的薄鳞片。大枝平展，小枝细长下垂，一年生小枝淡黄色或褐黄色，二、三年生枝渐变成灰色；小枝基部的芽鳞紧贴小枝不向外开展。叶条形扁平，长 1~2 (2.5) cm，宽 1~1.5mm，上面有两条白色气孔带，每带有 5~7 条气孔线，下面光绿色，无气孔线。球果长 6~12cm，径 2.5~3.8cm，中部种鳞卵形或斜方状卵形，长 1.4~2.2cm，宽 1.1~1.3cm，上部圆形，排列紧密，有的上部是宽三角形，排列疏松，成熟前红褐色、深褐色或紫褐色。

3、西藏云杉(喜马拉雅云杉 *P. spinulosa*)。小枝细长，下垂。叶扁四棱状条形，长 1.5~3.5cm，宽 1.1~1.8mm，上面有两条白色气孔带，每带有气孔线 5~7 条，下面无气孔线，极少有 1~2 条不完整的气孔带。球果长 9~11cm，径 3~4.5cm，种鳞排列紧密，质地厚，蚌壳状，近圆形，中上部圆，下部渐窄，长约 2cm，外露部分光滑，无纵槽纹，有光泽，成熟前露出部分绿色，边缘紫色。

二、分布与生长特性

1、分布特性

(1)、地理分布

世界的云杉属植物约为 40 种，分布于北半球。中国是拥有云杉属植物最多的国家，共 16 种 9 变种，分布于东北、华北、西北、西南地区及台湾的山地及亚高山地带，尤以横断山地区种类最多，林木的木材蓄积量丰富。

云杉属植物最早的化石发现于美国西部及日本的晚白垩纪地层。

第三纪末至第四纪更新世因受全球性气温下降的影响,云杉属植物从高纬度和高海拔地区向低纬度和低海拔地区扩展,种类增加。后随冰川的退缩和气温的回升,分布区又逐渐缩减,繁衍至今,形成了现代的分布格局。在中国秦岭以南及东南部的平原和西南部的低山地区的晚更新世沉积物中发现了云杉的花粉及球果化石。云杉为耐阴性较强的树种,喜寒冷与冷湿的气候。在高纬度的寒带、寒温带至低纬度的暖温带与亚热带的亚高山与高山的阴坡、半阴坡和谷地形成纯林,或与冷杉、落叶松、铁杉和某些喜冷凉气候的松树及阔叶树组成针叶林或针阔林。

笔者在 1982~1987 年从事高山针叶林国家攻关和云南省重点研究项目期间,曾对滇西北的迪庆州、丽江地区和怒江州的中甸、德钦、维西、丽江、宁蒗、碧江、兰坪、泸水、福贡、贡山等云杉分布地进行了较全面的调查。结果表明,滇西北地区地处青藏高原和川西高原向南延伸部分,为许多亚高山针叶树种向南延伸分布的边缘区。

滇西北地区的云杉种群水平分布以香格里拉(原中甸县)为中心,从与四川交界的中甸大雪山向南,经小雪山至小中甸的吉沙林区一线,是丽江云杉(*P.likianensis* var. *likiangensis*)、川西云杉(*P.likianensis* var. *balfouriana*)、黄果云杉(*P.likianensis* var. *hirtella*)、林芝云杉(*P.likia-nensis* var. *linzhiensis*)、油麦吊云杉(*P.brachytyla*- var. *complanata*)、喜马拉雅云杉(*P.spinulosa*)等多种云杉的集中分布区域。由此向东和向西,其种群结构均有一定差异。向东,包括丽江、宁蒗地区则以丽江云杉、黄果云杉为主;而向西,包括德钦、维西及怒江州各县,则以油麦吊云杉和林芝云杉为多。

滇西北地区的云杉主要分布于海拔 2900~3700m 的亚高山地带,在宁蒗的泸沽湖西岸最低可至 2600m,而在维西沙马阁林区可至 2800m。

总的说来,滇西北地区分布的云杉以丽江云杉(*P. likianensis* var. *likiangensis*)、林芝云杉(*P.likia-nensis* var. *linzhiensis*)和油麦吊云杉(*P.brachytyla*- var. *complanata*)为主,其它种类多混生于云杉纯林或与其它树种的混交林中。

(2) 地貌及气候条件

滇西北的云杉分布区,区内地貌和气候条件复杂。在地貌和大气环流因子交互作用下,无论水平和垂直带,热量和水分条件均有较大的变幅。从而决定了云杉在其区内的分布格局。

从地貌看,滇西北云杉分布区的横断山脉中段,为著名的怒江、澜沧江、金沙江与高黎贡山、怒山、云岭等高山相间排列的三江并流区。香格里拉东部和南部的丽江、宁蒗、兰坪、维西等地,属于青藏高原向云南高原的过渡地区,在喜马拉雅造山运动中,受到差异抬升的结果,形成了高山峡谷、中切中高山以及断陷盆

地相结合的地貌组合；香格里拉以西的德钦及怒江州各县，在喜马拉雅造山运动中因受强烈的挤压和褶皱，形成了高山与峡谷相间排列的地貌组合；而香格里拉在喜马拉雅造山运动中则以断块抬升为主，形成了 3000m 以上的连片高原面与高山相结合的地貌组合。

大气环流在受上述地区特殊的地貌条件的影响下，造成了滇西北云杉分布区东、中、西部气候条件的显著差异。分布区内 37 个气象台站和水文站点实测资料的分析结果表明：

年平均温度和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与海拔均呈现显著的线性负相关关系。其相关方程为：

$$T_1 (\text{年均温}) = 25.6438027 - 0.0059429H (\text{海拔})$$

$$N=39 \quad r=-0.9728$$

$$T_2 (\geq 10^{\circ}\text{C} \text{积温}) = 8792.094851 - 2.2475534H (\text{海拔})$$

$$N=35 \quad r=-0.9349$$

按照上述规律，本区的海拔高度每升高 100m，年平均气温则下降 0.594°C ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温下降 224.756°C 。

但由于受大地貌的影响，造成了东、中、西部之间热量状况的较大差异。根据观测值与理论值的残差分析和比较，东部的怒江流域地区，年平均气温和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的观测值明显低于理论值，在同海拔的情况下，属于热量相对较低的地区；中部的金沙江上段和澜沧江上段，年平均气温和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的观测值明显高于理论值，在同海拔情况下，属于热量相对较高的地区；东部和南部的丽江、宁蒗、兰坪、维西等澜沧江下段和金沙江下段，年平均气温和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的观测值接近或略低于理论值，在同海拔情况下，属于热量相对正常的地区。

在降水方面，由于本区复杂的地形地貌条件与控制本区降雨的暖湿气流之间的复杂关系，其区内降雨量的分布呈现较大的变幅。降雨量最少的地方仅 267.5mm（日咀），亦为云南降雨最少的地区；而降雨最多的地方达 3673mm（独龙江），也是云南的多雨中心之一。根据降雨量随海拔升高而增加的一般规律，通过东、中、西部地区降雨量空间分布状况的分析，清楚地反映了 3 个地区降雨量随海拔而变化的不同系列：即怒江流域为多雨区；澜沧江上段、金沙江上段为少雨区；澜沧江下段、金沙江下段为中等降雨区。根据 3 个地区不同海拔降雨量的相关回归分析，得到了 3 个不同的“降雨系列”的相关方程：

$$R_1 (\text{西部多雨区}) = -167.8140388H$$

$$N=5 \quad r=0.9935$$

$$R_2 (\text{中部少雨区}) = -66.2963753 + 0.1803656H$$

$$N=11 \quad r=0.9004$$

$$R_3 (\text{东部和南部中雨区}) = 124.6286385 + 0.3770830H$$

$$N=20 \quad r=0.8495$$

这3个方程均达到了极显著水平，反映了本区降雨量的空间分异规律及云杉分布区降雨量的巨大差异。这3个降雨系列，亦反映了湿润—潮湿，干旱—半干旱—半湿润，半湿润—湿润3个不同的由低海拔到高海拔的干湿度垂直变化态势。

按照上述规律，海拔高度每升高100m，东、中、西部云杉分布区的降雨量分别增加37.7mm、18.03mm和125.75mm。

上述热量与降雨量的空间分异，反映了山地系统中地貌对气候系统的支配作用。由于西部云杉分布区的怒江河谷处于西南季风的迎风面，加之背靠高山，而具备优越的降水条件；而中部云杉分布区澜沧江上段和金沙江上段，受西、南、东三面高山的阻挡，成为典型的“封闭谷”，受到干旱少雨和焚风效应的双重影响，形成了本区特殊的气候区域；东部和南部澜沧江下段和金沙江下段，虽然一定程度上受焚风效应影响，但东南、南、西南三面可接受来自东南季风和西南季风的暖湿气流，造成了相对优越的降雨条件。

根据年平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温和年降雨量与海拔间的相关关系，形成了滇西北云杉分布区不同区域、不同海拔高度的热量和降雨量组合（表2—1）。

滇西北云杉分布区的地貌分异和不同的水热条件组合，造成了分布区内云杉空间分布格局的差异性。中部地区包括香格里拉和德钦两县，不仅是云杉种类集中的地区，也是云杉纯林分布最多的地区；东部地区，以云杉、冷杉为主要成分的亚高山针叶林主要分布于山体上部，从而，形成不连贯的“岛状”分布形式，属于亚高山针叶林分布的边缘区，本区热量适中，年降雨量在1000mm以上，云杉林除有少数纯林外，多以混交形式出现；西部地区，由于雨量丰沛，云杉分布较少，且多散生于针阔叶林中。

表2—1 滇西北云杉分布区不同区域、不同海拔高度的水、热条件组合状况

海拔高度/m	区域								
	西部怒江流域			中部澜沧江金沙江上段			东部南部澜沧江金沙江下段		
	年均温/ $^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C}$	年降雨量/mm	年均温/ $^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C}$	年降雨量/mm	年均温/ $^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C}$	年降雨量/mm
2500	9.75	2709.3	2975.8	12.95	3912.6	384.6	10.79	3173.2	1067.3
3000	7.07	1749.8	3604.6	9.38	2526.9	474.8	7.82	2049.4	1255.6
3500	4.38	790.4	4233.3	4.44	1141.4	565.0	4.84	925.7	1444.4
4000	1.69	—	—	1.71	244.3	655.2	1.87	198.1	1633.0

(3)、土壤条件

在滇西北的云杉分布区，云杉垂直分布于海拔2800(2600)~3700m的地带。其主要的垂直分布带为3000~3500m。该垂直分布带林下发育的土壤为暗棕色森林土；在3500m以上的地带，云杉常与冷杉形成复层混交林，林下土壤以棕色暗针叶林土为主；而垂直分布带下部的云杉

常与槭 (*Acer spp.*)、桦 (*Betula spp.*)、高山栎类 (*Quercus spp.*) 等阔叶树形成混交林, 林下土壤则以棕色森林土及黄棕壤为主。

根据香格里拉和德钦的云杉主要森林类型林下土壤的调查分析结果见表 2—2、表 2—3、表 2—4 和表 2—5)。暗棕色森林土是云杉林下发育最为广泛的土壤类型。其土壤剖面以暗棕色为主, 土壤质地比较疏松, 腐殖质含量较为丰富, 自然肥力较高, 是最为适宜云杉生长的土壤。

表 2—2 云杉林主要类型的土壤剖面形态特征

剖面号	层次	厚度 cm	湿度	颜色	质地	结构	紧密度	侵入体
吉底 88 I	灌木——云杉林 海拔 3500mN 坡, 坡度 10°							
	A ₀₀	0~3.5	湿润	褐色	轻质	粒状	松	
	A ₀	3.5~10	湿润	棕褐色	壤质	粒状	松	
	A ₁	10~32	潮湿	黄棕	粘壤	粒状	疏松	
	B	32~54.2	潮湿	黄棕	粘壤	块状	较紧	小石砾
BC	54.2 以下	潮湿	黄棕	粘壤	块状	紧	较大石砾	
烈沙谷 88 V (88— 4)	箭竹——云杉林 海拔 3480mNE 坡, 坡度 20°							
	A ₀₀	0~10	湿润	褐色	壤质	粒状	松	
	A ₀	10~20	湿润	棕褐色	壤质	粒状	松	
	A ₁	20~65	湿润	黄棕	粘壤	块状	较紧	
	B	65~104	湿润	棕黄	粘壤	块状	较紧	
BC	104 以下	湿润	棕黄	粘壤	块状	较紧	石砾多	
拖顶 88 拖 III (88 拖②)	阔叶树——云杉复层混交林 海拔 3300mE 坡, 坡度 20°							
	A ₀₀	0~3.5	湿润	褐色				
	A ₀	3.5~13.5	湿润	黄棕	壤质	团粒	松	石砾多
	AB	13.5~39.5	湿润	棕黄	壤质	粒状	松	石砾多
B	39.5 以下	湿润	淡褐	轻粘	粒状	松	石砾多	
草坪 10	高山栎——云杉林 海拔 3500mWS 坡, 坡度 29°							
	A ₀	0~14	较干	棕红	腐殖土	粒状	松	草根多
	A ₁	14~44	潮润	灰黄	砂壤	粒状	松	
	A ₂	44~81	潮润	褐黄	砂壤	粒状	松	大量树根
AB	81~123	湿润	褐黄	砂壤	粒状	较紧	石砾多	
大雪山 88 雪 VI	箭竹——云杉冷杉复层林 海拔 3550mWS 坡, 坡度 21°							
	A ₀₀	0~6	湿润	褐色	壤质		松	
	A ₀	6~18	湿润	棕褐色	壤质	粒状	松	
	A ₁	18~35	潮湿	黄棕	粘壤	粒状	松	有石块
BC	35~1m	潮湿	灰褐	粘壤	块状	松	石块多	
热茸 VI (No6)	灌木——云杉冷杉复层林 海拔 3580mNE 坡, 坡度 20°							
	A ₀₀	0~5.5	湿润					
	A ₀	5.5~9.0	湿润	棕黑	壤质	团粒	松	根多
	A	9~28	湿润	棕黑	壤质	团粒	松	粗根
	AB	28~94	湿润	棕黄	粘壤	团粒	较松	
B	94 以下	湿润	红黄	粘	小块状	较紧		

海拔 3500m 以上的云杉、冷杉林, 林下土壤属暗棕壤向棕色暗针叶林土 (山地棕色灰化土) 的过渡类型。其土壤剖面仍以暗棕色为主, 但酸性淋溶作用比较明显, 土壤的盐基饱和度相对较低, 下层土

壤较为粘重，但土壤腐殖质含量和土壤自然肥力仍然较高。于垂直带下部的云杉与槭(*Acer spp.*)、桦(*Betula spp.*)林下、高山栎类(*Quercus spp.*)等阔叶树形成的复层林，则属于山地棕色森林土的黄棕壤类型，土壤剖面，以黄棕色为主，土壤呈弱酸性反应，盐基饱和度及磷钾含量较

高，具有较高的自然肥力。

表 2—3 云杉林主要类型的土壤肥力状况

剖面号	层次	厚度	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	全氮 (%)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	有机质 (%)
吉底 88 I	灌木——云杉林							
	A ₀	3.5~10	5.2	3.82	0.512	22.073	56.457	13.74
	A ₁	10~32	6.22	5.16	0.322	17.805	34.978	8.95
	B	32~54.2	7.80	6.15	0.128	7.228	19.785	2.32
烈沙谷 88 V	箭竹——云杉林							
	A ₀	10~20	6.11	5.05	0.797	15.906	67.075	15.98
	A ₁	20~65	6.83	5.3	0.149	18.555	29.679	3.12
	B	65~104	7.20	5.55	0.092	108.836	24.141	0.92
草坪 10	高山栎——云杉林							
	A ₀	0~14	5.5	4.7	0.657	165.629	536.859	27.93
	A ₁	14~44	5.48	4.1	0.135	34.278	93.127	3.66
	A ₂	44~81	5.43	4.05	0.105	564.889	77.067	2.43
	AB	81~123	5.55	3.93	0.108	346.806	68.274	1.47
拖顶 III (88拖②)	阔叶树——云杉复层林							
	A ₀	3.5~13.5	5.25	4.31	0.301	6.188	67.193	4.74
	AB	13.5~39.5	5.6	4.55	0.113	14.241	33.315	1.45
	B	39.5以下	5.8	4.72	0.076	14.511	12.915	0.74
大雪山 88 雪VI	箭竹——云杉冷杉复层林							
	A ₀	6~18	4.38	3.20	0.490	112.604	50.579	7.31
	A ₁	18~35	5.20	3.99	0.181	27.671	32.537	3.61
	BC	35~1m	5.65	4.39	0.141	61.446	24.000	1.69
热茸 VI No6	灌木——云杉冷杉复层林							
	A	9~28	4.9	4.09	0.426	2.240	226.930	16.95
	AB	28~94	5.65	4.81	0.107	1.060	97.070	3.76
	B	94以下	5.45	4.6	0.070	2.650	152.340	1.68

表 2—4 云杉林主要类型的土壤代换性能

单位: me/100g 土

剖面号	层次 (cm)	代换性阳离子总量	总酸度	代换性盐基总量	Ca ⁺⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	盐基饱和度 (%)
吉底 88 I	灌木——云杉林							
	A ₀	28.409	7.789	20.620	16.215	0.792	6.997	72.583
	A ₁	25.375	0.256	25.119	21.883	0.169	0.087	98.991
	B	22.434	0.000	22.434	20.154	0.000	0.000	100.000
烈沙谷 88 V	箭竹——云杉林							
	A ₀	39.848	0.204	39.644	38.146	0.204	0.000	99.488
	A ₁	14.784	0.124	14.660	14.144	0.050	0.074	99.161
	B	9.203	0.147	9.056	8.707	0.098	0.049	98.403
草坪 10	高山栎——云杉林							

	A ₀	37.577	0.401	37.177	11.733	0.143	0.258	98.936
	A ₁	10.053	1.174	8.880	1.001	0.086	1.088	88.332
	A ₂	10.283	2.176	8.108	0.673	0.115	2.061	78.849
	AB	8.619	2.061	6.558	0.346	0.143	1.918	76.087
拖顶 III (88 拖 ②)	阔叶树——云杉复层林							
	A ₀	3.760	2.222	1.538	1.033	0.101	2.121	40.904
	AB	2.855	0.699	2.156	1.664	0.100	0.599	75.517
大雪山 88 雪 VI	箭竹——云杉冷杉复层林							
	A ₀	14.969	9.095	5.874	4.683	0.904	8.191	39.241
	A ₁	4.774	3.480	1.294	0.789	0.336	3.144	27.105
	BC	1.842	1.472	0.370	0.138	0.221	1.251	20.087
热茸 VI No6	灌木——云杉冷杉复层林							
	A	5.415	3.582	1.833	0.687	0.130	3.450	33.850
	AB	1.010	0.520	0.490	0.199	0.000	0.520	48.515
	B	1.636	0.810	0.826	0.394	0.020	0.790	50.489

(4)、林分类型

滇西北地区的云杉林的林分类型主要为丽江云杉、油麦吊云杉和林芝云杉的纯林或几个云杉种混生的云杉林。主要分布该地区地区海拔 3000~3500m 的地带。在维西、宁蒗的泸沽湖其垂直分布下限可达 2700m, 3500m 以上则常与冷杉或大果红杉混生而形成林分。

表 2—5 云杉林主要类型的土壤机械组成

剖面号	层次	<0.001	0.001— 0.005	0.005— 0.01	0.01— 0.05	0.05— 0.25	1—0.25
吉底 88 I	灌木——云杉林						
	A ₀	13.50	18.36	9.72	18.90	11.97	27.54
	A ₁	10.75	20.96	15.05	29.56	11.47	12.20
	B	20.56	3.08	9.25	28.28	29.41	9.41
烈沙谷 88 V	箭竹——云杉林						
	A ₀	5.36	10.18	15.00	24.11	15.02	30.33
	A ₁	10.42	30.73	19.79	18.23	12.91	7.92
	B	8.75	31.91	14.41	23.16	8.39	13.38
草坪 10	高山栎——云杉林						
	A ₁	5.07	22.83	35.51	50.73	14.06	35.21
	A ₂	5.08	17.79	30.49	45.73	9.45	44.82
	AB	5.06	15.18	30.35	43.00	12.17	44.82
拖顶 III (88 拖②)	阔叶树——云杉复层林						
	A ₀	11.87	8.60	4.91	18.84	18.12	37.66
	AB	7.69	7.49	0.81	5.47	5.30	73.24
	B	6.66	6.46	0.81	6.46	0.66	78.96
大雪山 88 雪 VI	箭竹——云杉冷杉复层林						
	A ₀	10.43	27.18	13.56	20.87	9.48	18.52
	A ₁	5.18	21.77	13.48	20.74	14.30	24.52
	BC	5.15	16.49	13.40	15.46	14.36	35.14
热茸 VI No6	灌木——云杉冷杉复层林						
	A	7.53	17.56	12.54	30.11	30.75	1.51
	AB	25.09	30.11	12.54	22.58	8.22	1.46

	B	47.56	25.03	10.02	12.55	2.92	1.95
--	---	-------	-------	-------	-------	------	------

本区的云杉天然林多为异龄林，林地生产力较高，每公顷的林木蓄积量达 500~700m³，最高可达 1000m³ 以上。云杉林林下灌木层的盖度随林分类型和林分郁闭度而异，变化于 0.2~0.7 之间。主要种类有箭竹 (*Sinarundinaria nitida*)、荚蒾 (*Viburnum spp.*)、忍冬 (*Lonicera spp.*)、杜鹃 (*Rhododendron spp.*) 茶藨子 (*Ribes spp.*)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*)、钝叶蔷薇 (*R.sertata*)、丽江绣线菊 (*Spiraea lichiangensis*)、白果小蘗 (*Berberis leucocarpa*)、花楸 (*Sorbus spp.*) 等。

随着林地条件的不同，形成了不同的林分类型(亚类型)，主要有草类—云杉林、箭竹—云杉林、杜鹃—云杉林、灌木—云杉林、高山栎—云杉林以及云杉—冷杉复层林等。

①、草类——云杉林

本类型分布于海拔 3000~3300m 的溪旁或沟谷缓坡地带。土壤多为冲积母质形成的暗棕色森林土。土层较厚，肥力较高，水湿条件较好。该类型的林分生产力很高，林分疏密度为 0.8~0.9，林木生长良好，平均直径 40~60cm，树高 30m 以上，每公顷林木蓄积量达 800m³ 以上。

林内下木不发达，盖度 0.2~0.3。常见的种类有冰川茶藨子 (*Ribes glaciale*)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*)、钝叶蔷薇 (*Ribes sertata*)、心叶荚蒾 (*Viburnum cordifora*)、白果小蘗 (*Berberis leucocarpa*)、湖北花楸 (*Sorbus hupehensis*)、小羽叶花楸 (*S. microphylla*)、披针叶忍冬 (*Lonicera lanceolata*) 等。

林下草本层较发达，盖度 0.5~0.7。常见的种类有沿阶草 (*Ophiopogon bodinierii*)、草本悬钩子 (*Rubus fockeanus*)、八仙草 (*Galium asperifolium*)、鹿蹄草 (*Pyrola rotundifolia*)、牻牛儿苗 (*Erodium sp.*)、鞭打绣球 (*Hemiphragma heterophyllum*)、蟹甲草 (*Cacalia adenostyloides*)、云南兔儿风 (*Ainsliaea reflexa var.nimborum*) 等。

林内苔藓层发达，盖度达 0.8~0.9。种类以锦丝藓 (*Actinothuidium hookeri*) 为主，另有羽藓 (*Thuidium rubiginosum*)、毛疏藓 (*Ptilium crista-castrensis*) 等。

②、灌木——云杉林

本类型分布于海拔 3000~3500m 山中部或中上部阴坡、半阴坡的缓坡地带。土壤多为冲积母质或坡积物上发育的暗棕壤。土层深厚，肥力较高，水湿条件较好。林分生产力较高，生长良好。本类型多为多世代复层林。在其林带上部，常与冷杉混生。根据香格里拉县吉底林区的标地调查资料。该类型的林分每公顷有林木 270~310 株，平均年龄 235 年，林木平均高 25.5m，平均胸径 46.1cm；每公顷林木蓄积

量 757m³。本类型林分的乔木层可以分为三层，上层高 32~36m，第二层高 24~28m，第三层高 12~15m，其中上层林木占 29.6%，第二层林木占 59.4%，第三层林木占 11.0%。

林下灌木层盖度 0.4~0.5。灌木分布均匀。常见种类主要有：丽江绣线菊 (*Spiraea lichiangensis*)、白果小蘗 (*Berberis leucocarpa*)、披针叶忍冬 (*Lonicera lanceolata*)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*)、山柳 (*Salix inamoena*)、冰川茶藨子 (*Ribes glaciale*)、长柄忍冬 (*Lonicera szechuanica*)、小羽叶花楸 (*Sorbus microphylla*) 等。

林下草本层不发达，盖度 0.1~0.3。常见的种类有：沿阶草 (*Ophiopogon bodinierii*)、羊茅 (*Festuca ovina*)、中甸龙胆 (*Gentiana chungdianensis*)、三叶鼠尾 (*Salvia trijuga*) 等。

林内苔藓层发达，盖度 0.9 以上。种类以锦丝藓 (*Actinothuidium hookeri*)、金发藓 (*Polytrichum gracile*) 为主。

③、箭竹——云杉林

本类型分布于海拔 3000~3600m，山中部或中上部半阳坡、半阴坡或阳坡的中等坡度及缓坡。土壤为玄武岩或石灰岩坡积物上发育的厚层或中厚层暗棕壤。根据香格里拉县烈沙谷林区标地调查资料，该类型的林分每公顷有林木 625 株，平均林龄 119 年，林木平均高 26.2m，平均胸径 33.5cm，每公顷林木蓄积量 956m³。乔木层可以分为两层，上层高 32~37m，第二层高 22~26m，其中上层林木占 21.7%，第二层占 78.3%。

林下灌木层盖度 0.4~0.6，分布均匀，高度 3~5m。种类主要有：箭竹 (*Sinarundinaria nitida*)、长柄忍冬 (*Lonicera szechuanica*)、冰川茶藨子 (*Ribes glaciale*)、披针叶忍冬 (*Lonicera lanceolata*)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*)、红桦 (*Betula albo-sinensis*)、小羽叶花楸 (*S.orbus microphylla*) 等。

林下草本层不发达，盖度 0.1~0.2。常见的种类有：沿阶草 (*Ophiopogon bodinierii*)、高山唐松草 (*Thalictrum alpinum*)、草本悬钩子 (*Rubus fockeanus*)、丽江鹿药 (*Smilacina likingensis*)、鞭打绣球 (*Hemiphragma heterophyllum*)、尖齿提盖蕨 (*Athyrium spinulosum*) 等。

林内苔藓层发达，盖度 0.9 以上。主要种类有锦丝藓 (*Actinothuidium hookeri*)、赤茎藓 (*Pleurozium schreberi*)、毛疏藓 (*Ptilium crista-castrensis*)、曲尾藓 (*Dicranum perfalcatum*) 等。

④、高山栎——云杉林

本类型主要指川滇高山栎 (*Quercus aquifolioidis*) 与云杉组成的混交林。且常与黄背栎 (*Quercus pannosa*)、帽斗栎 (*Quercus guayavaefolia*)、长穗高山栎 (*Quercus longispica*) 等亚高山硬

叶栎类相混生。主要分布于香格里拉（中甸）及其以西的德钦海拔3000~3700m的石灰岩山地。而东部的丽江、宁蒗则分布较少。据德钦白马雪山的调查，本类型的林分组成为6云4栎。林分郁闭度0.8~0.9，乔木层常为两层，上层为云杉，林木的平均高20~22m，平均胸径30~34cm，第二层为高山栎，其林木的平均高14~16m，平均胸径20~24cm。每公顷林木蓄积量400~500m³。

林下灌木层发育良好，盖度0.7~0.9。种类以箭竹为主，高3~4m，另外常见的种类还有冰川茶藨子(*Ribes glaciale*)、峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)、云南山梅花(*Philadelphus delavayi*)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)、刺红株(*Berberis dictyophylla*)、湖北荚迷(*Viburnum hupehense*)等。

草本层不发育，盖度0.2~0.3。种类有云南兔儿风(*Ainsliaea yunnanensis*)、轮叶马先蒿(*Pedicularis verticillata*)、尖齿提盖蕨(*Athyrium spinulosum*)、沿阶草(*Ophiopogon bodinierii*)等。

苔藓层较发育，盖度0.6~0.7，主要种类有锦丝藓(*Actinohydrium hookeri*)、塔藓(*Hylocomium splendens*)、曲尾藓(*Dicranum perforiatum*)等。

另外根据香格里拉小雪山林区(草坪林场)调查(草10号标地)，海拔3500m，坡向SW，坡度29°，林分组成3栎7云，林龄200年，林冠郁闭度0.8，云杉林木处于上层，高35m，高山栎林木处于下层，高25m，林木生长良好。

灌木层盖度80~90%，主要种类有：箭竹(*Sinarundinaria nitida*)、锈叶杜鹃(*Rhododendron sederophyllum*)、亮叶杜鹃(*Rhododendron vernicosum*)、红棕杜鹃(*Rhododendron rubiginosum*)、甘青锦鸡儿(*Caragana tangutica*)、长柄忍冬(*Lonicera szechuanica*)、白果小蘗(*Berberis leucocarpa*)等。

草本层盖度20%。主要种类有：沿阶草(*Ophiopogon bodinierii*)、羊茅(*Festuca ovina*)、中甸香青(*Anaphalis chungtiensis*)等。

苔藓层发育良好，盖度70%。主要有：锦丝藓(*Actinohydrium hookeri*)、曲尾藓(*Dicranum perforiatum*)、金发藓(*Polytrichum gracile*)等。

⑤、阔叶树——云杉复层林

本类型分布于滇西北的丽江、宁蒗、维西及德钦拖顶林区海拔3000~3400m的阴坡缓坡及河谷地带。土壤为玄武岩坡积或冲积母质上发育的中厚层或厚层暗棕壤。根据德钦拖顶林区调查，该类型的林分林冠层可以分为三层，云杉处于上层，郁闭度0.4，平均高32.8m，

平均胸径 54.2cm, 年龄 140~210 年。其下为阔叶树层, 林木的郁闭度 0.6~0.7。阔叶树层又可分为两层, 一为阔叶树上层, 林木平均高 15.6m, 平均胸径 26.9。主要由红桦 (*Betula albo-sinensis*) 组成; 二为阔叶树下层林木平均高 8~9m, 胸径 10~25cm, 由湖北花楸 (*Sorbus hupehensia*)、陕甘花楸 (*Sorbus koehneana*)、青皮槭 (*Acer cappadocicum*)、长尾槭 (*A. caudatum*)、青榨槭 (*A. davidii*)、丽江槭 (*A. forrestii*)、茶条槭 (*A. ginnala*)、色木槭 (*A. mono*)、野樱 (*Prunus conradinae*) 等种类组成。

灌木层盖度 0.3~0.4。主要种类有箭竹 (*Sinarundinaria nitida*)、长柄忍冬 (*Lonicera szechuanica*)、冰川茶藨子 (*Ribes glaciale*)。

草本层盖度 0.6~0.7。主要种类有尖齿提盖蕨 (*Athyrium spinulosum*)、草本悬钩子 (*Rubus fockeanus*)、阔柄蟹甲草 (*Cacalia latipes*)、高山唐松草 (*Thalictrum alpinum*)、五角叶老鹳草 (*Geranium delavayi*) 等。

苔藓层发育良好, 盖度 0.8~0.9。主要种类有锦丝藓 (*Actinotuidium hookeri*)、曲尾藓 (*Dicranum scoparium*)、金发藓 (*Polytrichum gracile*) 等。

⑥、箭竹——云杉冷杉复层林

在云杉分布上限的海拔 3500~3600m 范围, 往往形成箭竹—云杉冷杉的复层林, 其林冠层由云杉林木构成, 下层则由冷杉林木构成。每一层又可分为 2~3 层, 林龄也是由上至下, 由大变小, 构成明显的复层异龄林, 而且呈现出云杉林向冷杉林演替的趋势。

据香格里拉大雪山林区的调查, 该类型分布于海拔 3550m 的阳坡或半阳坡的中坡地带。土壤为以石灰岩或变质岩为母质或坡积物上发育的薄层或中层暗棕壤。该类型林分的乔木林冠层可分为 3 层, 上层由云杉组成, 林木平均高 37.4m, 平均胸径 55.9cm, 年龄 200~350 年; 第二层由冷杉组成, 林木平均高 21.4m, 平均胸径 27.5cm, 平均年龄 144 年; 第三层也是由冷杉组成, 林木的平均高 5.2m, 平均胸径 7.5cm, 平均年龄 47 年。每公顷林木的蓄积量 400~500m³。

林下灌木层的种类以箭竹 (*Sinarundinaria nitida*) 为主, 盖度 0.6~0.7, 植株高 2~3m。另外还有长柄忍冬 (*Lonicera szechuanica*)、冰川茶藨子 (*Ribes glaciale*)、披针叶忍冬 (*Lonicera lanceolata*)、小叶栒子 (*Cotoneaster microphollus*)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*)、丽江绣线菊 (*Spiraea lichiangensis*) 等。

草本层发育中等, 盖度 0.3~0.4。主要种类有尖齿提盖蕨 (*Athyrium spinulosum*)、草本悬钩子 (*Rubus fockeanus*)、阔柄蟹甲草 (*Cacalia latipes*)、川滇苔草 (*Carex schneideri*)、

云南兔儿风 (*Ainsliaea yunnanensis*) 等。

苔藓层发育良好，盖度 0.8~0.9。主要种类有锦丝藓 (*Actinotuidium hookeri*)、曲尾藓 (*Dicranum perforiatum*)、金发藓 (*Polytrichum gracile*) 等。

⑦、灌木——云杉冷杉复层林

根据香格里拉热茸林区调查，该类型分布于海拔 3580m 的阴坡或半阴坡的缓坡和中坡地带，土壤为石灰岩或玄武岩母质坡积物上发育的厚层或中厚层暗棕壤。该类型林分的乔木林冠层可分为 4 层，上层由云杉组成，林木平均高 26.9m，平均胸径 44.1cm，年龄 140~212 年；第二层也由云杉组成，林木平均高 16.8m，平均胸径 24.0cm，平均年龄 97 年；第三层由冷杉组成，林木平均高 11.7m，平均胸径 17.7cm，平均年龄 87 年；第四层也由冷杉组成，林木平均高 4.4m，平均胸径 7.6cm，平均年龄 42 年。每公顷林木蓄积量 500~600m³。

林下灌木层盖度 0.4~0.5，分布均匀。主要种类有：长柄忍冬 (*Lonicera szechuanica*)、冰川茶藨子 (*Ribes glaciale*)、披针叶忍冬 (*Lonicera lanceolata*)、小叶花楸 (*Sorbus microphylla*)、湖北花楸 (*Sorbus hupehensis*)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*)、白果小檗 (*Berberis leucocarpa*) 等。

草本层发育中等，盖度 0.5~0.6。主要种类有：尖齿提盖蕨 (*Athyrium spinulosum*)、草本悬钩子 (*Rubus fockeanus*)、阔柄蟹甲草 (*Cacalia latipes*)、轮叶马先蒿 (*Pedicularis verticillata*)、中甸龙胆 (*Gentiana chungdianensis*)、云南毛茛 (*Ranunculus yunnanensis*)、五角叶老鹳草 (*Geranium delavayi*)、阔叶葱 (*Allium platyphyllum*) 等。

苔藓层发育良好，盖度 0.8~0.9。主要种类有锦丝藓 (*Actinotuidium hookeri*)、曲尾藓 (*Dicranum perforiatum*)、金发藓 (*Polytrichum gracile*) 等。

(5)、林分结构

林分结构主要决定于林分中林木的年龄结构。云杉林、云杉冷杉林和阔叶树云杉林都具有明显的异龄性。根据香格里拉和德钦拖顶林区的调查，同一林分按 40 年为一个龄组，每个类型所包含的龄组都在 5 个以上，龄级则在 10 个以上 (见表 2—6)。从表中各龄组的林木株数结构可以看出，云杉林是由多个世代林木所组成的林分。但从林层结构看，多数云杉林的林冠层只是一层或二层；而云杉冷杉林则为复层林，冷杉的林木常处于下层，表现出由云杉林向冷杉林的演替趋势。

现有的云杉天然林多为成、过熟林，林分径级结构以 20cm 以上的大径级林木为主。从表 2—7 的云杉主要林分类型大于 20cm 的林木

比重及腐朽情况可以看出，云杉林木出现病腐的年龄要远远低于冷杉，而且林木株数和林木蓄积量集中于大径木的特点。

表 2—7 云杉主要林分类型大径材比例及腐朽木情况

林分类型	主林层年龄/a	林木腐朽率/%	胸径大于 20cm 的林木			
			占林木的总株数的比例/%	占林木蓄积量的比例/%	腐朽木株率/%	腐朽木材积率/%
灌木—云杉林	270	37.0	100.0	100.0	37.0	48.59
箭竹—云杉林	120	8.3	95.8	99.9	8.7	9.4
阔叶树—云杉复层林	180	23.1	92.3	99.9	25.0	24.5
云冷杉复层林	180	15.1	69.8	98.2	21.6	24.5

2、生长特性

(1)、天然林的林木生长过程

云杉属于林木生长比较缓慢的树种，但其生长期很长，250 年以上的林木，仍能保持一定的生长量。在不同的海拔高度、坡向、坡度等立地条件下，林木的生长有较大差异。

表 2—8 和表 2—9 列举了 4 种云杉天然林类型的解析木资料及其树高、胸径、材积的生长过程。

表 2—8 几种云杉林分类型的解析木基本情况

标地号	林分类型	立地条件			解析木生长简况		
		海拔/m	坡向	坡度	年龄/a	树高/m	胸径/cm
拖Ⅲ—1	阔叶树—云杉复层林	3300	E	8°	181	34.0	45.5
烈 88 V	箭竹—云杉林	3480	N 偏 E80°	20°	121	27.3	43.4
吉底—1	灌木—云杉林	3500	N	10°	278	30.9	38.9
热茸Ⅵ—3	灌木—云杉冷杉复层林	3580	N 偏 E20°	20°	181	27.2	37.5

注：各云杉林木类型的解析木均为林分中的优势木。

从 4 个标地解析木的生长状况可以看出不同云杉林分类型其环境条件的差异，造成了林木生长过程的差异。一般说来，阳坡和半阳坡生长的云杉林木优于阴坡；低海拔地带生长的云杉林木优于高海拔地带。从林分类型来看，阔叶树—云杉复层林和箭竹—云杉林为生长较快的类型，但两者也有区别，前者云杉林木早期生长较快，40~60 年后云杉林木生长的速度则不及后者；而热茸的灌木—云杉冷杉复层林和吉底的灌木—云杉林两类型中的云杉林木生长均较缓慢，而后者也是早期快于前者。分析原因，主要是后者（灌木—云杉林）林地土层较薄，而前者（灌木—云杉冷杉复层林）林地土壤则为厚层土壤（参见表 2-4 的土壤情况）。

表 2—6

云杉主要林分类型林木的年龄（龄组）结构

林分类型	各 龄 组 株 数 (株/hm ²)										
	合计	0~40 年	41~80	80~120	121~160	161~200	201~240	241~280	281~320	321~360	360 以上
灌木—云杉林	320					50	70	60	50	50	40
箭竹—云杉林	250		10	160	40	20	20				
阔叶树—云杉复层林	110			10	60	10	30	(另有阔叶树 410 株)			
灌木—云杉冷杉复层混交林	云杉 320		20	30	90	90	40	30	20		
	冷杉 210	20	90	70	30						

表 2—9

几种云杉林分类型的解析木树高胸径和材积生长过程

标 准 木	生 长 指 标	年										龄			
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	
拖 III —1	树高 m	3.6	7.3	13.2	17.4	21.8	25.8	29.0	31.1	33.8					
	胸径 cm	5.7	14.6	20.2	24.6	28.5	32.2	35.5	38.7	42.3					
	材积 m ³	0.0068	0.0659	0.1786	0.4148	0.6949	0.9986	1.3596	1.7767	2.2468					
烈 88 V	树高 m	2.3	9.6	15.1	19.1	23.4	27.1								
	胸径 cm	3.1	12.9	23.8	32.0	37.1	40.3								
	材积 m ³	0.0008	0.0652	0.3353	0.7918	1.2351	1.6633								
吉 底 —1	树高 m	2.6	5.9	9.4	12.7	15.8	17.4	19.1	20.9	22.7	24.6	26.4	28.1	29.6	
	胸径 cm	2.7	5.9	10.2	14.1	17.6	20.2	22.4	25.0	27.5	29.9	31.7	33.5	34.9	
	材积 m ³	0.0015	0.0096	0.0422	0.1075	0.2221	0.2983	0.4203	0.5608	0.7347	0.9176	1.0973	1.3065	1.4799	
热 茸 VI—3	树高 m	1.7	4.8	8.9	13.2	17.2	21.0	23.6	26.4	27.1					
	胸径 cm	1.0	7.3	13.6	18.8	23.5	27.1	30.5	32.9	34.6					
	材积 m ³	0.0001	0.0119	0.0648	0.1782	0.3550	0.5669	0.8239	1.0573	1.2449					

分别对解析木生长过程数据，用对数函数、幂函数、指数函数进行回归分析比较，分别筛选出 4 种云杉林分类型的云杉林木树高、胸径生长过程的数学模型。

拖顶阔叶—云杉复层林：

$$H=0.128820002 A^{1.10042451} \quad R=0.994 \quad \textcircled{1}$$

$$D= -46.6280143+16.6016196 \ln A \quad R=0.992 \quad \textcircled{2}$$

烈沙谷箭竹—云杉林

$$H= -40.875349 + 13.9119451 \ln A \quad R=0.993 \quad \textcircled{3}$$

$$D= -68.9707836 +22.8503532 \ln A \quad R=0.991 \quad \textcircled{4}$$

吉底灌木—云杉林

$$H= -28.9583998 + 999238023 \ln A \quad R=0.993 \quad \textcircled{5}$$

$$D = 0.120071949 A^{1.048260256} \quad R=0.989 \quad \textcircled{6}$$

热茸灌木—云杉冷杉复层林

$$H = 0.043098196 A^{1.280321556} \quad R=0.995 \quad \textcircled{7}$$

$$D = -53.3268161 + 16.78906653 \ln A \quad R=0.991 \quad \textcircled{8}$$

式中 A 为年龄，H 为树高，D 为胸径。以上 8 个经验式的相关系数均达到了 0.01 的显著水平。

(2)、人工幼林的生长过程

对滇西北地区云杉人工造林更新较系统的研究开始于 20 世纪 80 年代初期。据 1986 年巴叉林场云杉人工林试验地的实测资料，25 年生云杉人工林的林木平均树高 7.52m，平均胸径 8.02cm，与同龄的云杉天然林期相比，其林木平均树高和胸径分别为天然林木的 172.87% 和 128.53%，明显高于天然林。

另据 1998 年实测的林木各年高生长数据通过 SPSS 计算程序多种曲线回归估计，选择最佳的幂回归模型：

$$\text{回归参数 } A=1.248128452$$

$$B=2.113569748$$

$$R=0.99935$$

$$\text{回归方程为：} \quad Y (\text{树高}) = 1.248128452 \times x^{2.113569748}$$

其各年树高理论值和残差及树高实测连年生长量见表 2—10。

表 2—10 1998 年巴叉林场云杉人工林的林木树高生长回归估计计算表

年龄	树高/cm	树高理论值/cm	残差	实测连年生长量/cm
3	11.8	12.7	-.92589	
4	24.8	23.4	1.42481	13.0
5	39.1	37.5	1.63885	14.3
6	56.8	55.1	1.72732	17.7
7	76.5	76.3	.21609	19.7
8	100.0	101.2	-1.15863	23.5
9	127.8	129.8	-1.95299	27.8

10	159.0	162.1	-3.11718	31.2
11	192.0	198.3	-6.29664	33.0
12	233.2	238.3	-5.13297	41.2
13	285.5	282.3	3.23550	52.3
14	339.7	330.1	9.57317	54.2

表中数据表明，云杉人工林在 10 年以后，林木的高生长进入速生期，15 年左右，年高生长量可达 70~90cm。

(3)、林木生长发育特性

云杉耐荫、耐寒、喜欢凉爽湿润的气候和肥沃深厚、排水良好的微酸性、中性沙质土壤，也能适应微碱性，排水性良好、疏松肥沃的砂壤土。

云杉林木的耐荫能力较强，在林冠下可忍受光照不足达 20 年左右。在侧光庇荫条件下林木的天然更新良好。在小片火烧迹地和林中空地上天然更新幼树较多，但在稠密的林冠下更新不良。

云杉林木的抗寒性较强，能忍受 -30℃ 以下低温，但嫩枝抗霜性较差。在气候温和而又湿润的条件下，在酸性至微酸性的棕色森林土或暗棕壤上林木生长甚好。

云杉属于浅根性树种，林木的主根不明显，侧根发达，约有 3/4 以上的根系集中分布于 60cm 以上的表层土壤。在进行强度后，林木容易出现风倒现象。云杉林木的结实年龄一般为 30~40 年，60~120 年为结果盛期，大致每 3~4 年出现一次种子年。每公顷平均产种量 40kg 左右。一般 9~10 月球果成熟。种子借风力传播的距离约为母树树高的 2~3 倍。

三、经济及生态价值

1、经济价值

云杉的经济价值主要体现在用材提制芳香油、栲胶及用于园林绿化上。

丽江云杉树体通直、高大，树高达 50m，胸径可达 2m。木材白色或浅黄褐色，是滇西北林区的优良用材树种。从丽江云杉和油麦吊云杉的木材主要物理、力学性质测定资料（表 3—1）可以看出，两种云杉的木材纹理直，结构致密，材质轻软，易于加工、耐用，无隐性缺陷，具有良好的共鸣性能，但力学强度和冲击韧性较低。为建筑、桥梁、家具、舟车、航空器、乐器等的良好用材。也是高级纸张和人造丝的优良原料。另外，云杉针叶的含油率约 0.1~0.5%，可提取芳香油。树皮含单宁 6.9~21.4%，可制取栲胶。

表 3—1 丽江云杉、油麦吊云杉的木材主要物理力学性质

气干密度 g/cm ³	干缩系数 %			抗弯		顺纹抗压强度 kg·f/cm ²	冲击韧性 kg·f·m/cm ²	硬度 kg·f/cm ²		
				强度 kg·f/cm ²	弹性模量 1000kg·f/cm ²			径面	弦面	端面
	径向	弦向	体积							

丽江云杉										
0.411	0.177	0.305	0.496	745	99	375	0.400	173	228	331
油麦吊云杉										
0.508	0.197	0.312	0.531	892	125	458	0.496	266	261	386

引自<云南经济木材志>

云杉的树形端正，枝叶茂密，树姿雄伟，适于园林栽培，在庭院中，可孤植，也可片植。盆栽可做为室内的盆景，在冬季圣诞节前后，可置放在饭店、宾馆和一些家庭中作圣诞树装饰。云杉叶上有明显粉白气孔线，远眺如白云缭绕，苍翠可爱。

2、生态价值

滇西北地区地处横断山脉中段，以高山峡谷地貌为主。其海拔3000m以上的亚高山、高山地带占本地区总面积的56.14%。其中，海拔3000~4000m的亚高山带占47.23%。由此可以看出，亚高山、高山地带在本区国土保安中的重要地位。

滇西北林区是亚高山针叶林保存较为完好的林区，是保障本区生态安全的重要基础。森林资源数据显示，本区的亚高山针叶林面积超过1.7万平方公里，占全区森林面积的40.12%，蓄积量占全区森林蓄积量的56.07%。这些森林不仅是本区重要的经济资源，更重要的是它具有涵养水源，保持水土，稳定“三江”河川流量，维护生态平衡，保障本区经济建设的重要作用。可以说是庇护三江流域的“绿色长城”。

研究资料表明，云杉、冷杉组成的亚高山针叶林其林冠层的年平均截留降水的系数为32.7%，变动于21.8~66.1%之间，最大值出现于冬春降雪期，最小值为雨季降雨最多的时期。云冷杉林土壤表层的枯枝落叶层和腐殖质层蓄水性能良好，含水率变动于130~185%之间，雨季中可达200%以上，晴日也在120%左右。云杉林林下苔藓层的厚度和盖度与林地蓄水能力有密切关系，实测资料表明，苔藓层最大持水量达自重的450~625%。由于枯枝落叶层、苔藓层和腐殖质层，阻挡了地表水的流动，林地径流系数在1%以下，其林地贮水量可达降水量的30%左右，加之云冷杉林地的山地棕色森林土，具有良好的持水和透水能力，土壤最大持水量达90%~100%。由此可以看出，其森林土壤是名副其实的“天然水库”。

根据四川高山针叶林区所作的在采伐与未采伐两个小流域林地的水流对比试验，洪水期的洪峰流量采伐沟是未采伐沟的2倍，且产洪时间缩短10小时，每分钟的流量增大6倍；枯水期流量，采伐沟仅为未采伐沟的24~29%。可以看出，高山针叶林在防洪减灾上所起的巨大作用。

四、良种选育技术

云杉属树种单位面积林木的年生长量高，木材品质好，用途广，已

成为西欧、北欧、波罗的海沿岸国家、俄罗斯和加拿大的重要工业用材树种。也是我国西部高山区和北方高纬度地区的重要工业用材树种。但在遗传改良工作上, 由于我国长期偏重速生树种, 对云杉树种的遗传改良未得到应有的重视和支持, 从而拉大与世界的距离。加拿大、美国、前苏联和欧共体国家不同程度对挪威云杉 (*Picea abies*)、白云杉 (*Picea glauca*)、黑云杉 (*Picea Mariana*)、西加云杉 (*Picea sitchensis*) 和恩氏云杉 (*Picea engelmannii*) 等连续进行了长达60~80年的遗传改良研究, 其中以挪威云杉(欧洲云杉) 研究最为深入。其早期遗传改良程序仍是对这些树种进行种和种源联合选择, 在种源研究的基础上, 再进行种子区划, 为各造林区提供最适种源。在优良种源区选择优良林分, 改建母树林或通过表型选优营建其的实生和无性系初级种子园是优良种源进一步利用的两种主要形式。

由于云杉属树种容易无性繁殖, 加上现实中看到的实生种子园和无性系种子园, 从建园到生产种子需要的时间长, 良种化进程缓慢, 因而转向无性系选择和利用的遗传改良方向, 即“有性创造和无性利用”和“在群体选择基础上的无性系选择、在无性系利用基础上的群体利用”策略。今天, 云杉属树种已成为针叶树中无性系林业发展最快且最有成效的树种, 世界的云杉遗传改良正沿着高效益、低成本的方向快速发展。

国内的云杉遗传改良研究工作起步较晚, 20世纪70年代末和80年代初才开始本领域的试验研究。所研究的树种包涵川、陕地区的粗枝云杉 (*Picea asperata*); 东北地区的红皮云杉 (*Picea koraiensis*)以及青海、甘肃、宁夏、内蒙地区的青海云杉(*Picea crassifolia*)。试验研究内容包括优良林分选择和母树林建立, 种源林区划和种源选择, 优树选择的标准和技术; 实生和无性系种子园的建园技术等。但总体上讲, 目前生产上推广应用的仍然以种源选择和营建母树林为主, 种子园基本上还未发挥重要作用。

丽江云杉及滇西北地区的其它云杉种类的遗传改良基本上还处于空白状况。20世纪80年代初期至中期, 云南省林业科学院高山组曾结合亚高山针叶林采伐更新研究, 对滇西北地区的云杉遗传改良进行了一些探索性的试验研究, 其主要工作有:

1、滇西北地区云杉种群分布及遗传分化。1983和1984年曾先后对滇西北地区10个县市54个林区的云杉种类、分布及区域分异, 林分特点及生长状况, 天然更新及世代更替过程等基本情况进行了较全面的调查, 而对滇西北地区的云杉种群取得了一些基本认识。

(1) 滇西北地区特殊的地质历史, 造就了本区成为我国许多云杉种类集中分布的最南区域。这里不仅是丽江云杉复合种群中几乎所有变种的聚集区, 而且也是藏东南、川西南云杉种类向南分布的南部

边缘地区，可以说滇西北地区是云杉种群遗传变异最为复杂的地区之一。

(2) 滇西北云杉分布区的气候和地貌条件复杂，根据其地貌和气候分可将其云杉分布区划分为东部和南部边缘区、中部高原中心分布区及西部怒江河谷零星分布区3个自然分布区。

(3) 丽江云杉天然更新是一个逐步进行而较为长期的过程。其幼树均沿林缘或大的林窗在林木或灌木侧方庇荫条件下，逐步向外扩展，而形成复层异龄结构的林分。而与粗枝云杉具有较大面积的同龄中幼林林分有着显著差异。

(4) 对海拔3000m左右的丽江云杉随机观察的样本（见表4—1）可以看出，滇西北云杉分布区内，不同林区云杉个体生长差异性十分明显，其中不乏生长迅速的优良个体。由此可以看出云杉优良个体选择及遗传改良的巨大潜力。

表4—1 不同林区不同林分类型丽江云杉林木个体的生长差异性

县别	林区	海拔高度 /m	林分类型	年龄/a	胸径 (地径)/cm	树高/m	备注
宁蒍	翠依林场	3000	草类—云杉林	78	65		伐根
				150	93		伐根
				86	68		伐根
丽江	玉龙雪山	3150	箭竹—云杉林	90	85		伐根
				55	56		伐根
中甸	九龙林区	3000	箭竹—云杉林	52	19	18.0	生长锥 测定胸 高年龄
				44	23	18.0	
		3100		34	14	10.2	
		34		7	5.0		
德钦	石棉厂	3100	云杉澜沧黄杉林	33	8	20.0	
维西	立地坪	3200	云杉—阔叶树林	35	14	40.0	
				30	8	22.0	
				20	10	23.0	

根据滇西北云杉分布的云杉种间和种内遗传多样性特点，提出本区云杉遗传改良的两个基本策略：一是选择优良种类和优良类型；二是在种源试验基础上，进行优良个体选择，建立有性或无性系种子园。

2、1983 开始，在香格里拉试验苗圃进行了两组不同云杉种源的种子萌发及苗木生长状况的对比试验。

第一组是油麦吊云杉维西、丽江、中甸、德钦的种源对比试验，结果表明丽江、维西种源与中甸、德钦种源在种子萌动、苗高和地径生长、封顶时间、木质化程度等指标上均存在明显差异。从而可将油麦吊云杉划分为小中甸至维西塔城一线以南及以东的湿润区种源区和此线以北的半湿润区种源区。

第二组是丽江云杉中甸九龙林区与丽江玉龙山林区两个种源的育苗对比试验。结果表明玉龙山林区的苗高和地径生长分别比中甸九龙种源提高25.5%和10.3%。

以上探索性试验结果说明，油麦吊云杉、丽江云杉种源间的差异与滇西北云杉自然分布区间的气候条件差异有着密切关系。

3、德钦白茫雪山是林芝云杉分布比较集中的林区，为了解其种内的遗传差异，选择了6株40~60年的林芝云杉优良单株，用其种子进行育苗对比试验。结果表明，苗期苗木的平均高、地上部分鲜重、根深、根幅、地下部分鲜重等指标均存在显著差异。

为此提出了云杉采种林分及采种母树的选择条件。

(1) 首先选择海拔高度适宜，立地条件较好，林木生长普遍较好的云杉林分为采种林分。

(2) 在已确定的云杉采种林分中选择35~60年的树冠呈尖塔形、分枝角度较小（应小于 90° ），树干通直的林木为采种母树，应避免采集刚开始结实树木的种子。应避免在病虫害（球蚜、锈病等）危害严重的树木上采种。

(3) 选择时应注意区分树种和类型。

4、建立采种基地和母树林。

为尽快改变云杉种子经营水平低的现状，逐步实现其的良种化。

目前应加强云杉采种基地和天然母树林的建设。其建立的步骤及技术环节主要是：

(1) 在接近云杉垂直分布海拔下限地带，通过林分普查，确定建立采种基地的地点。

(2) 对云杉采种基地的采种林分进行详细的调查比较，按林分年龄、林木生长发育状况、立地条件等确定其母树林的林分及范围。

(3) 根据云杉母树林林分内林木生长发育等级确定应保留的母树。而伐除云杉非采种母树和对采种母树进行抚育管理，进而确立母树林的经营管理和保护措施。

根据我们近年来的调查，在滇西北云杉分布适宜于改造为母树林的云杉林，林分面积一般较小，且分布星散，林分的郁闭度多在0.5以下，很难达到国家林业局颁发的《林木选择育种技术要领》的要求。因此，建议采用地区控制的办法，以使云杉母树林相应集中，而对每一块母树林的面积则不予限制，同时也注意保护优良单株，这样既有利于对云杉母树林的经营管理，又能保证其母树林的质量。

五、采种育苗技术

1、种子的采收与处理

滇西北地区的云杉林木25~35年生开始结实，林缘木和疏林地的林木结实较早。云杉林木40~60年生进入结果盛期，100年以上的树木仍具有很强的结实能力。一般球果10~11月成熟，当球果开始变为褐黄色时，即可进行采收。

采回的球果堆放3~5天后，再经曝晒4~5天，球果的种鳞裂开脱

出种子，收集脱种云杂而得纯净的种子，阴干贮藏备用。

滇西北地区有多种云杉分布。根据实际测定和试验结果，不同种间，不仅种子质量指标有显著差异（表 5—1），且所育植株的适应范围和生长指标也有很大差异。

因此在采种、育苗过程中应根据更新造林地的气候、土壤和地形条件选用适于该条件且生长迅速的云杉种类。在采收种子过程中应重视球果及种子品等的区分。

从客观上讲，所采收的云杉球果在大小（包括长度和粗细度）上有一定程度的差异，这是正常现象。但由于云杉球果的大小与其采集树的年龄、生长发育状况有着直接的关系。群众在采收球果过程中极

表 5—1 滇西北地区所产的几种云杉种子的品质检定表

树种	种子	成熟时	出种率	纯度	千粒重	发芽率	发芽势
	成熟期	球果颜色	/%	/%	/g	/%	/%
丽江云杉	10~11月	黄褐色	3~4	65~85	4~5	25~55	20~40
油麦吊云杉	10~11月	黄褐色或紫褐色	3.5~4.5	70~80	4.5~5.5	20~50	20~40
黄果云杉	10~11月	浅黄褐色	3~4	60~80	4.5~5.5	20~45	20~30
林芝云杉	10~11月	黄褐色或黄绿色	2.5~4	70~80	3~5	30~60	20~50
西藏云杉	10~11月	紫褐色或深褐色	2.5~4	60~80	4~6	20~40	20~40

易将大量发育不良的小个球果带入商品球果中来，从而直接影响到种子的质量。据我们对 1000 个云杉商品球果分长度和粗度，按标准差进行分级，并分别对各等级球果的种子进行品质鉴定，结果表明（见表 5—2），各等级间在种子的纯度、千粒重、发芽率、发芽势等主要指标上均有明显差异。以发芽率为例，小个球果（长度小于 5.7cm，粗度小于 2.0cm）的种子发芽率比大个球果（长度大于 5.7cm，粗度大于 2.0cm）平均低 49.3%。在取种的球果中，小个球果每增加 10%，即所取种子的整体发芽率就要下降 9.0%。

表 5—2 不同云杉球果大小等级和种子品质差异情况

球果大小等级	100 个	出种率	纯度	千粒重	发芽率	发芽势
--------	-------	-----	----	-----	-----	-----

长度/cm	粗度/cm	球果重 /kg	/%	/g	/%	/%	/%
<5.7	<2.0	0.73	4.71	59.0	3.5	25.25	24.0
<5.7	2.01~2.6	1.13	3.05	79.0	3.8	16.75	16.0
5.71~8.1	2.01~2.6	1.83	4.13	82.5	5.05	48.75	42.5
5.71~8.1	>2.6	2.70	2.38	77.0	4.1	20.5	19.75
>8.1	2.01~2.6	3.10	3.22	82.5	5.85	44.5	40.25
>8.1	>2.6	4.05	3.00	73.0	5.75	51.75	49.75

各球果等级的种子育苗试验的结果表明，小个球果（长度小于 5.7cm，粗度小于 2.0cm）的种子培育的三年生苗木，其苗高、地径，苗木地上重、地下重分别比大个球果种子培育的苗木平均低 21.46%、26.3%、42.2%、46.2%，其差异达到了极显著的水平。

上述事实说明，在收购云杉的球果和种子时，应进行品等区分，并分别等级确定价格。其球果中小个球果率小于 10%的可为一等，小个球果率达 10.1%~20%为二等，超过 20%为三等。在这一基础上，再依遭受病虫害球果的数量进行球果的果等调整。而云杉种子等级的划分，则可根据其纯度、千粒重及生活力或优良度来确定。

2、裸根苗的育苗技术

(1)、苗圃地选择

一般来说，苗圃可分为固定苗圃与林间苗圃（临时苗圃）两种，但不论那一种苗圃，都应十分重视圃地选择，这与育苗成效有着直接关系。选择圃地时应考虑的条件主要是位置、地形、土壤及其的经营历史、水源、病虫害、交通等。

拟建的云杉苗圃如属固定苗圃（或称中心苗圃）应选择在交通方便，靠近居民点的地方；如属林间苗圃，则应尽量靠近造林地且便于运输的地方。

圃地的海拔高度一般在 2900~3400m 以内（云杉垂直分布下带）比较适宜。海拔过低，培育的苗木往往因难于适应造林地的自然条件而影响植苗造林成活率和保存率；海拔过高，则苗木生长较慢而延长苗木培育期。

苗圃地的坡向应选择东坡、东南坡或东北坡，切忌在西坡或北设圃，以免造成苗木的日灼和冻害，同时也要避免选用低凹地作圃育苗，以避免逆温危害云杉苗木。

圃地地下水位的高低亦是影响云杉育苗效果的重要因素。应尽量避免在地下水位过高的平坝建苗圃，云杉的育苗圃地最好选在坝区周围的缓坡地带，既有利于排水，又不致引起水土流失。

云杉育苗地的土壤最好是石砾少、土层深厚、肥力较高的砂壤土、

壤土或轻粘壤土。从对采伐迹地、荒山荒地、河床冲积阶地及弃耕农地土壤理化性质的分析结果（表 3）可以看出，各类土地选作云杉育苗圃地均有一定缺陷，其中采伐迹地、荒山荒地（包括老迹地）土壤质地比较粘重；河床阶地的土壤质地适中，但往往石砾过多；弃耕农地土壤肥力过低，均需采取一定的改良措施。

鉴于滇西北云杉分布区的冬春干旱时期较长，尤其是春季增温较快，苗木萌动较早，因此，所选的云杉育苗圃地一定要具备自动灌溉条件，若无自然灌溉条件，则要增设灌溉设施。

在作云杉育苗圃地选择时，应对病虫害情况进行调查。病虫害严重的地点及长期种植洋芋的耕地不应选作圃地。对选作圃地的土地及周围地区存在的病虫害，应在建圃前采取相应的防治措施加以根除，以免建圃后蔓延成灾。

（2）苗圃的整地与改土

苗圃的整地应坚持“深、透、细、平、匀”，的原则。深，就是要保证耕作层的深度，耕作层深度一般以 20~25cm 为宜；透，就是要翻透，不能有遗漏；细，就是要完全清除土壤中和石砾、草皮、树根等杂物，使土粒粗细适中；平，就是平整，尤其在坡地应整成水平梯地，避免水、土、肥的流失；匀，就是要均匀。整地季节，一般以秋季为宜，也可在播种育苗前进行。

滇西北地区的土壤，尤其是山地土壤一般都比较粘重，用作苗圃时需要加以改良，以形成土壤结构适中、疏松的耕作育苗层。一般可用林地腐殖土（最好是阔叶林或针阔混交林内的腐殖质土）对云杉育苗圃地进行改土，能取得良好的改土效果。每平方米用腐殖土林地 40~50kg 改土后，其耕作层的土壤结构及肥力均得到显著改善（表 5—3），其土壤的有机质和速效氮、磷、钾的含量分别为改土前的 2.29、2.85、2.55 和 2.35 倍。圃地经改土后，所培育的云杉苗木，90% 以上的苗根发育良好。改土实际上起到了给苗木配置营养土的作用。

（3）圃地土壤消毒

表 5~3

苗圃地改土前后的土壤质地、肥力变化情况

土壤类别	pH 值	有机质含量 (%)	速效氮 (mg/100g 土)	速效磷 (mg/1000g 土)	速效钾 (mg/100g 土)	土壤质地
改土前土壤	4.09	2.167	0.84	12.133	18.579	粘壤质
改土用的腐殖土	4.95	27.46	12.517	338.337	131.141	壤质
改土后土壤	5.10	5.093	1.925	34.616	47.404	壤质

苗圃土壤是苗木病害最主要的感染源，也是许多虫害的发源地。因此，播种育苗前对圃地土壤进行合理的消毒，是预防苗木病虫害发生和蔓延的一项有效措施。云杉育苗圃地的土壤消毒试验结果表明，土壤消毒小区的一年生苗木保存率比不消毒小区提高 13.1%，说明育苗圃地尤其是连续育苗圃地采取土壤消毒措施对控制云杉苗木病害的发生，有明显的作用。

用于圃地土壤消毒的药物有多种，杀菌剂有硫酸铜、硫酸亚铁、赛力散、福尔马林、退菌特、多菌灵等，杀虫剂亦有多种农药等，但施用量各不相同，使用时应通过一定的试验。据我们的多次试验，使用硫酸铜、退菌特、多菌灵进行圃地土壤消毒，每次用量分别为 3~5kg/亩、1.5~2kg/亩、2~3kg/亩即具有良好消毒防病效果。

圃地的土壤消毒可在播种前进行一次，也可在秋季和播种前各进行一次。可结合翻地施用，也可在改土或施基肥时与腐殖土或基肥混合施用。

(4)、重施基肥

施基肥的目的在于能不断供应苗木生长所需的养分，并有改善圃地土壤结构，营养土壤微生物的作用，而为苗木根系的生长发育提供良好的条件。故对云杉育苗圃地重施基肥是其育苗管理过程中的一项重要举措。施用基肥应以迟效性肥料为主，可用厩肥、堆肥等有机肥，也可用无机肥，不过使用有机肥时，必须经过充分腐熟才能施用。

在云杉育苗圃地使用腐殖土改土的基础上，重施钙镁磷肥或过磷酸钙其所育云杉苗的基肥，于播种前进行条施，与 3~5cm 表土拌匀，对云杉苗木的生长发育有明显的增益效果。云杉育苗圃地每亩施用钙镁磷肥 55kg 时，与不施基肥的育苗地相比较，其所育云杉的苗高、地径，苗木地上重与地下重分别增加 15.4%、11.0%、32.1%、15.1%；合格苗的出苗率提高了 96.93%，一、二级苗的比重增加了 59.96%。每亩施用过磷酸钙 50~75kg 时，其云杉苗的苗高、地径，苗木地上重与地下重分别比不施肥的对照提高 11.4~14.1%、6~8%、54.3~57.3% 和 21.9~40.4%。而施用氮、钾（尿素及硫酸钾）作基肥对所育的云杉苗木无明显促增效果。表明滇西北亚高山地区的土壤缺磷，在云杉育苗过程中补充磷肥的重要性。

(5)、作床

云杉苗木具有怕涝、怕强日照的特点。在圃地作床时亦通过苗床方向、床面高低来调剂育苗期云杉苗木的日照和水分条件。一般说来，苗床走向（纵向）应取南北向，使云杉苗木受光较为均匀。床面宽度以 100~120cm 为宜；为利于排水，应采用高床，床面高度 10~15cm。在地下水位较高或雨水集中的地区苗床床面高度可超过 15cm。作床

时要求床面平整，耕作层中无土块、石块，且土粒较细，以利于播种和幼苗生长。

(6)、播种

为获得优质、高产的云杉苗。尤其育苗的过程中必须认真抓好播种工作的各个技术环节。主要是种子处理，确定合理的播种量、播种季节、播种方法及播种的实施操作等。

①种子处理。对云杉种子的处理含温水浸种催芽与种子消毒两项内容。温水浸种进行催芽，用 30~40℃的温水浸种 48 小时，每日换水 1~2 次。播种后 20 天左右即可发芽出土

而种子消毒是在温水浸种以后进行。用 0.5%的高锰酸钾溶液浸种 1~2 小时取出阴干；或用 0.3%的多菌灵拌种均有较好的消毒效果，也可以用 0.3%~1.0%的硫酸铜溶液浸种 4 小时或用 0.2%的赛力散拌种。

②确定播种量。云杉育苗圃地单位面积的播种量直接影响苗木的密度，而苗木的密度不仅影响圃地的产苗量，而且也影响到苗木的生长发育状况和苗木的分化程度，进而影响到单位面积育苗圃地所产合格苗木的比例。几种云杉育苗的多次播种量试验结果表明，播种量与产苗量的关系随其种子品质变化而有较大的差异。在播种量相同的情况下，其变动系数为 20%左右。几种云杉的适宜播种量及产苗量见表 5—4。

表中所列的几种云杉育苗的播种量为纯种子数量，育苗时的实际播种量应按种子纯度加以换算，如种子纯度为 85%，则其播种量为 $20/0.85=23.5$ (kg)。另外，出苗量与种子发芽率有密切关系，在播种前应作发芽试验，以便根据发芽率的大小对播种量进行适当调整。

表 5—4 几种云杉育苗的适宜播种量及出苗情况

树种	适宜 播种量 /kg·亩 ⁻¹	播种量变 动 范围 /kg·亩 ⁻¹	一年生 苗木的 出苗量/ 万株·亩 ⁻¹	一年生苗木的平均生长量	
				苗高/cm	地径/cm
丽江云杉 油麦吊云杉	20	15~25	40~60	3.8~4.0	0.08~0.12
黄果云杉 林芝云杉	25	20~30	40~60	2.8~3.4	0.07~0.14

③播种季节。滇西北地区从 4 月份起增温较快。海拔高度 3000m 的地带，4 月份的平均气温达 7~9℃，白天气温已增至 10℃以上。因此滇西北地区云杉育苗的播种时间最好在 4 月中旬到 4 月下旬。这

样在雨季到来以前苗木已长出真叶，抗病能力较强。推迟播种则可能增加云杉苗木病害的发生率，同时也会影响云杉苗木当年的生长及木质化程度，甚至导致苗木的大量死亡。

④播种方法。根据几年的育苗实践，云杉育苗实行宽幅条播效果较好，其行间距与播幅采用 10：10（cm），既有利于苗木透风采光，又便于抚育管理和确保单位面积有高的产苗量。

为保证播种的播幅宽度一致，播种沟的深度一致及盖土厚度的一致，播种时可使用播种框及开沟、覆土刮板（用木板做成的框架及用木板或铁皮制的刮板）两种器具。云杉种子播后的覆土厚度以 4~5mm 为宜。

3、换床苗与袋苗培育技术

对培育原床苗来说，采取科学的培育工艺，可以提高苗木质量和单位面积的壮苗率，进而提高植苗造林的成活率和造林后植株获得好的生长效果。再者培育原床苗的单位面积产苗量高，苗木成本较低，在适宜的立地条件下，使用原床苗进行人工造林可以降低造林成本。但由立地条件类型的差异，对于那些云杉更新造林困难的地区，则应分别情况采用云杉的换床苗或袋苗进行人工更新造林，以确保更新造林的成效。根据试验结果，在云杉更新造林困难的地区采用云杉换床苗和袋苗进行人工造林，其成活率分别比采用云杉原床苗提高 30%~40%。只不过其云杉苗木的培育周期较长，育苗成本较高。在人工更新造林中究竟使用何类型的云杉苗木，应根据造林地的立地条件及各种苗木的经济——技术效果进行综合考虑。

(1)、换床苗培育

根据几年的试验结果，培育云杉换床苗，以 1 年生的云杉原床苗进行换床，换床后再培育 2 年可出圃造林。换床季节可在当年云杉苗停止生长后（当年秋季）进行，也可以在第二年春季萌动前进行，还可在第二年云杉苗高生长旺盛期过后的夏季进行，均可取得良好效果。换床苗的行距为 10~15cm，株距 4~5cm。可以用开沟移植或移床铲进行换床穴植。云杉换床的培育 2 年后，每亩可出苗 10~16 万株。云杉换床苗移苗后的施肥、遮荫等管理措施与原床苗相同。

(2) 袋苗培育

培育云杉袋苗，虽然成本较高，但植苗更新造林的成活率和保存率一般均可达 90% 以上。几种云杉袋苗培育方法一种是种子直接播于袋内；一种是用一年生云杉原床苗移袋继培；再一种是用云杉二年生原床苗移袋继培的育苗试验结果表明，种子直播入袋内的育苗效果最差；一年生原床苗移袋的育苗效果虽好但培育期较长（装袋后培育 2~3 年）；二年原床苗于夏末云杉苗木高生长结束后移袋，于第二年夏季用于造林仅需培育一年，且育苗效果仍然很好，这样可以缩短苗

木的培育期，减少占地时间，是一种比较经济的办法。云杉袋苗育苗用的营养土可用经施以基肥（磷肥或氮、磷、钾肥）后的改良土壤。云杉袋苗育苗期的管理措施同原床苗培育。

3、扦插苗培育技术

随着科学技术的发展，扦插繁殖作为一种最典型、简便和经济实用的无性繁殖技术，已在云杉的无性系繁殖研究中受到广泛重视。现在世界上每年生产欧洲云杉（*Picea abies*）扦插苗 10 300 万株，黑云杉（*Picea mariana*）扦插苗 410 万株，西加云杉（*Picea sitchensis*）扦插苗 380 万株。其扦插苗已成为北欧国家云杉造林苗木的主要来源。

目前，丽江云杉苗的生产主要是通过实生繁殖，苗木前期生长缓慢。通过实生种子园获得良种而播种培育丽江云杉实生苗其周期极长，远不能满足造林需求。为了更有效地促进丽江云杉穗条生根，中国林业科学研究院与香格里拉县林业局合作开展了丽江云杉硬枝扦插繁殖的试验研究。深入研究了植株个体、激素、采穗母株年龄、枝条类型、穗条长度、穗条着生方位对丽江云杉硬枝穗条扦插生根的影响，已取得以下成果。

（1）不同的丽江云杉林木个体，其穗条扦插的生根能力存在较大差异。研究资料表明，在云杉穗条的扦插生根变异中，41%~50%是由个体基因差异引起的。在开展丽江云杉扦插等的无性系育苗过程中，要注重母株的选择，同时还应强调生根性状与其他经济性状的联合选择。

（2）丽江云杉硬枝穗条的扦插生根率、平均生根数随采穗母株年龄的增大而降低。综合考虑，剪取7~8年生丽江云杉林木的枝条作穗条其扦插育苗的效果最佳。

（3）丽江云杉穗条的扦插生根情况与其所取枝条本身的健康状况有很大关系。丽江云杉的硬枝扦插育苗还存在位置效应，不同类型的枝条取穗扦插其生根效应差异显著。用1年生枝条取穗扦插的平均生根数和生根率均显著高于用2年生枝条取穗。

（4）用200mg/kg IBA处理插穗5小时，能获得丽江云杉硬枝插穗扦插生根的最佳效果，其生根率可达到71.4%。

（5）丽江云杉穗条扦插的生根过程存在2个关键时期：即愈合期和生根高峰期。愈合期为插后35天，生根高峰期分为两个时间段，即插后55~65d天和插后75~85天。在管理丽江云杉扦插苗时，要加强对扦插环境内的病菌控制和水管理，创造合适的环境条件促使插穗切口愈合。在扦插55天内，要及时补充营养元素，促进插穗的生根以及生根后的苗木生长，以缩短丽江云杉硬枝扦插苗苗木的出圃时间。

上述的研究成果可用于指导丽江云杉的扦插苗培育，也可供滇西北地区的其他几种云杉作扦插苗培育时参考。

4、苗木的抚育管理

从播种后直至苗木出圃的整个育苗过程中，为了给种子发芽和苗木生长发育创造有利的条件，需要根据各云杉树种苗期生物学特性进行一系列的抚育管理工作，这些工作主要是苗床的覆盖、遮荫、灌溉，间苗，除草及苗木保护等。

(1) 苗床覆盖

通过云杉育苗期的苗床草席、松针、塑料薄膜覆盖与不覆盖的苗效果对比试验，得出在云杉种子播种后，作苗床覆盖比不覆盖好。还在覆盖的苗床，表层土壤易板结，苗木出土不均，出土的苗木易受灼伤。用塑料薄膜覆盖苗床，虽能促使云杉苗木提前出土（一般可提前8~10天），但用塑料薄膜覆盖使苗床呈现高温高湿，苗木死亡量很大。相比之下，云杉育苗床覆盖物以用松针或草席较好，尤其是使用包装草席作苗床覆盖，操作方便，易于撤、盖，还可以多次使用。待云杉苗大部分出土时，应即时撤除苗床覆盖并立即进行遮荫。

(2) 苗床遮荫

苗床遮荫是大多数亚高山针叶树种育苗期的一项不可缺少的技术措施。掌握云杉育苗期的遮荫技术，主要表现在以下几个环节。

①控制遮荫强度。对云杉（包括3种云杉）育苗期苗床采用强度遮荫（65%~75%）、中度遮荫（35%~55%）、弱度遮荫（20%~30%）和不遮荫（全光）的对比试验结果表明，苗床以采取20%~30%的遮荫强度为宜。以云杉一年生苗木的存苗数，苗木的平均高、径（地径）等生长指标作参数，进行比较：20%~30%遮荫条件下的存苗数、苗木平均高和地径分别是全光条件的104%、102%和108%；是强遮荫的128%、119%和112%。由此可看出，20%~30%的遮荫强度仅略优于全光条件，却比强度遮荫要高得多。

另外对云杉育苗床施行遮荫的强度与圃地的地形（坡度、坡向）和土壤水分状况以及圃地周围的降水等小气候环境有密切关系。一般说来，在云杉育苗期降水量大、坡度平缓的山脚平地、地下水位较高或土壤水分条件较好的圃地以及周围有林墙的林间苗圃，育苗床可适当降低遮荫强度。反之，在降雨量较少、土壤比较干旱的阳坡圃地其育苗床可适当加大遮荫强度。

②遮荫时间，一般苗床一年生内的苗木可进行常年遮荫；一年生以上的苗木需光量随之增加，应在雨季苗木生长速生期的阴雨天撤除苗床遮荫，以增加苗木的采光量及苗床地温。在三月底至四月初苗木萌动期至雨季连续降雨到来之前必须进行苗床遮荫，以免云杉苗木受到日灼或霜害。

③遮荫方法。在香格里拉可就地取材，利用林区的箭竹编制竹帘对云杉育苗床进行遮荫，可以稳定地控制遮荫强度，同时又可连续使用数年。箭竹荫棚的高度以 40~50cm 为宜，也可以适当降低西向高度，使之略成东高西低的倾斜式。荫棚宽度应略大于苗床宽度。

(3)、施肥

苗木培育是一次性全株收获的培育工艺。为了在尽量短的时期内培育出优质高产合格的云杉苗木，除需有利的综合条件相配合外，最主要的是通过采取合理的施肥措施提高苗床土壤养分的供给状况。试验研究表明，改良后的苗圃土壤仍然有 75% 左右的氮和 65% 左右的磷需要在云杉苗木的生长过程中施追肥加以解决。云杉育苗期苗床施追肥时应做好以下环节的工作。

①确定合理的施肥量。根据施肥试验结果，云杉苗期施用的追肥应以氮肥、磷肥为主，施肥量随苗龄而异。一年生苗每年每亩追施氮、磷肥各 9~12kg（指纯氮和磷酸数量），二年生苗每年每亩施氮、磷各 27~36kg，钾肥 9~12kg，即能取得良好的效果。其中磷肥也可以作为基肥条施。肥料种类应适宜于酸性或微酸性土壤。氮肥选用硫酸铵效果比尿素好。长期使用硫酸铵虽会使苗床土壤的酸度提高，但在一个育苗周期结束后，随之进行改土，酸度又会得到调整。

②施肥方法。对云杉育苗床使用液态浇灌的方式进行追肥，比撒施和沟施好。其方法是按每次施肥量和施肥组合称取肥料，先用水溶解后，再配成 1%~2% 的浓度，用喷雾器均匀喷撒到苗木根部周围，这样肥料可以均匀地渗透到苗床的表土层，有利于苗木吸收。

③追肥的时间和次数。播种当年，待云杉幼苗全部出齐并开始出现真叶时对苗床进行第一次施肥，每亩施氮、磷肥各 1.5kg，共施 3~4 次。第二年于云杉苗床芽萌动以后即开始施追肥，每亩施氮、磷肥各 3kg，钾肥 1kg，待云杉苗进入速生期（6 月初）即改为氮追肥、磷肥各 4.5kg，每隔 15 天施一次，当年共施 6~8 次。

④建立合理的施肥体系。由于云杉苗木的育苗周期较长，短者二年，长者达 3~4 年。为保证在云杉苗的培育期间苗木能够不断获得充足的矿质营养，取取良好的经济——技术效果，采用改土—施足基肥—分期追肥的施肥体系，既能保证云杉苗木的一般需肥条件又能保证云杉苗木在不同苗龄及苗木生长发育期对矿质营养的需要，还可保证苗圃土壤有一定的肥力后效，又不致造成肥料的流失和浪费。

(4)、间苗、补苗。为了保证云杉育苗期苗木在生长过程中具有比较协调的群体关系，就需要随着苗龄的增长，合理地调整苗木的密度，定期采取间苗和补苗措施。其原则是间弱留强，间小留大，间密补稀。根据几个试验结果，云杉一年生苗的合理留存数为 750~900 株/m²（每播种行保留 150~180 株），二年生苗的合理存苗数为 500~

600 株/m²（每一播种行保留 100~120 株）。间苗补苗时间在当年 9 月苗木高生长停止后进行。

(5)、防霜。一年生云杉幼苗及木质化程度较差的云杉苗木，需采取一定的防霜措施。每年冬季到来之前（11 月末至 12 月初）在苗床荫棚上加盖草蓆（并用小竹子夹住用细铁丝加以固定即能起到防霜作用。为了预防雪压过重，可以使其向外适当倾斜。第二年苗木萌动以前撤去棚上草蓆，保留遮荫竹帘即可预防晚霜危害。

(6)、灌溉。滇西北地区旱湿季十分明显，头一年 10 月后至第二年 6 月前为旱季，长达 7 个月之久，故在云杉育苗期间需对苗床灌溉。但在头一年苗木进入休眠期后至第二年 3 月末芽萌动前，苗床一般不需要灌溉，以免造成苗木的冻拔危害，但从 3 月末开始，气温已增至 0℃ 以上时，即需要进行灌溉，一般 5 天左右灌溉一次，每次以浇透苗床为宜。

(7)、除草松土。当年的播种床，在云杉苗木出土后即应及时结合除草进行松土。以后每隔两周左右除草一次。

(8)、病虫害防治。对苗圃病虫害的防治应坚持“以预防为主，积极控制”的方针。

为了确保云杉苗木的安全，在其苗木的生长过程中，需要对危害较严重的苗木立枯病（包括种腐型、倒伏型、根腐型和梢腐型）和主要害虫土蚕（地老虎）和金龟子幼虫采取一定的药物防治措施。

对于害虫的防治可用农药配制毒饵诱杀，或于步道和床面喷撒农药杀灭。

云杉苗木感染立枯病主要在一年生苗期内，而发病高峰期又在当年的 6 月中、下旬至 7 月中旬，以后渐缓，至 8 月中旬后即趋于稳定。因此，防治云杉苗立枯病的关键时期是出苗后到 8 月初的这段时间。对此期间云杉苗木立枯病的防治可用波尔多液与多菌灵、退菌特、代森锌等农药交叉使用，定期喷撒，能取得较好的防治效果。其具体方法与步骤是：

①苗木出土 10 天左右，子叶已基本展开时，进行第一次喷药。使用硫酸铜半量式（硫酸铜：石灰：水为 0.5：1：100）配制波尔多液喷撒苗木和床面。以后每隔 15 天喷撒一次至 6 月初。

②6 月中旬开始采用石灰等量式（硫酸铜：石灰：水为 1：1：100）波尔多液喷撒苗木和床面，每半月一次至 8 月下旬。

③6 月中旬以后可多菌灵（50%可湿性粉剂）800~1000 倍液、退菌特（50%可湿性粉剂）600~800 倍液或代森锌（30%可湿性粉剂）400~500 倍液与波尔多液交叉使用。此交叉用药喷药方式以防止因病菌抗药性增强而降低防治效果。

云杉育苗期的病虫害防治，也还有其它药物可以使用，但用药最

好先通过对比试验以掌握其有效浓度和用药量。

5、苗木等级划分

云杉人工植苗更新造林的试验结果表明，不同等级的苗木，其更新造林的成活率、保存率及其林木早期的生长均有明显差异。因此，制定科学的云杉苗木等级分级标准，并在起苗过程中注意进行品等区分，避免不合格苗木出山造林，是一项十分重要的工作。再则各等级的云杉苗木在出圃苗木中所占的比重，也是衡量其苗圃经营水平高低、经济效果好坏的重要依据。

1982年以来的做的云杉育苗试验，对所培育的云杉苗木进行了不同种类和苗龄苗木的大量抽样检测及各生长性状指标间的相关分析，结果表明，苗高、地径、根深、根幅间呈现的平衡关系，是衡量去杉苗木生长发育等级的主要标志。它们与云杉苗木地上部分的重量与地下部分重量也具密切关系。在此基础上，根据云杉林苗木这几项指标的平均值及标准差，提出了云杉原床苗和换床苗初步分级标准（表5—5），以供实践中试用。对云杉容器苗的分级虽亦作了试验，但由于抽样数量尚少，其的分级标准有待进一步加以补充。

表5—5 云杉原床苗和换床苗等级划分标准

指标	原 床 苗					
	2 年 生			3 年 生		
	一级	二级	三级	一级	二级	三级
苗高 (cm)	>16.0	13.1~16.0	10.0~13.1	>30.0	24.1~30.0	18.0~24.0
地径 (cm)	>0.39	0.29~0.39	0.21~0.28	>0.55	0.46~0.55	0.35~0.45
根深 (cm)	>16.0	8.0~12.0	>8.0	>14.0	>21.0	16.0~21.0
根幅 (cm)	>25.0	10.1~14.0	6.0~10.0	>29.0	22.1~29.0	15.0~22.0
指标	换 床 苗					
	1—2 (1年生苗换床后培育2年)			1~3 (1年生苗换床后培育3年)		
	一级	二级	三级	一级	二级	三级
苗高 (cm)	>20.0	16.1~20.0	12.0~16.0	>25.0	20.1~25.0	16.0~20.0
地径 (cm)	>0.55	0.46~0.55	0.35~0.45	>0.7	0.56~0.70	0.40~0.55
根深 (cm)	>16.0	>16.0	11.0~16.0	>18.0	>18.0	14.0~18.0
根幅 (cm)	>25.0	22.1~25.0	15.0~22.0	>30.0	25.1~30.0	20.0~25.0

所培育的云杉苗木如有病虫害、枯顶、断顶、弯曲者应为不合格苗木。如根系发育不良或损伤严重者应视情况划为不合格苗或作降级处理。

六、植苗造林技术

1、造林地类型的选择

造林地类型体现了造林条件及造林后的林木生长条件。云杉的造林地类型按其形成的历史原因可分为火烧迹地、采伐迹地和荒山荒地（老火烧迹地和老采伐迹地）。若按造林地植被可将其划分为箭竹类型、悬钩子类型、杂草草地类型、灌木类型、萌生高山栎类型和阔

叶疏林类型。

云杉 2 年生原床苗在不同造林地类型上的造林试验表明，其造林成活率和保存率与造林地类型所标示的立地条件有着密切的关系。按云杉 2 年生原床苗初植后的成活率和保存率可划分为三级，即 I 级为易于成活的类型，成活率可达 80%以上，保存率可达 60%以上；II 级为较易于成活类型，成活率和保存率分别为 60%~80%，和 40%~60%；III 级为不易成活的类型，成活率和保存率分别在 60%以下和 40%以下。

I 级主要集中于有适当上层遮荫、水湿条件适中，土壤肥沃的缓坡地段，如处于这些条件下的悬钩子类型、灌木类型和落叶阔叶林类型；II 级则为遮荫条件较差或虽然有遮荫条件但处于较干旱的阳坡地段，如箭竹类型、阳坡灌木林地、陡坡悬钩子类型等；III 级则多为无遮荫条件的草地或土壤比较干旱、瘠薄的阳坡陡坡、分水岭等地段的稀疏箭竹草地类型、稀疏灌木类型以及萌生高山栎类型。这个结果为云杉造林地的评价和造林地的选择提供了较为科学的依据。

为此，宜选用 I 级易成活类型及 II 级较易成活类型的林地作为云杉的造林地。另外，在选择云杉造林地时还应考虑各地段的放牧强度，以便对放牧强度大的地区采取相应的措施。

2、苗木的选择

依据苗木的培育方式和培育期来划分云杉的苗木种类如表 6—1。

根据不同种类的苗木造林对比试验结果（见表 6—2），在同一造林地上，成活率和保存率有很大差异，采用容器苗和换床苗进行更新，与采用二年生裸根苗相比，成活率和保存率分别提高 85~170%和

表 6—1 云杉苗木种类划分表

苗木种类	培育方式	培育期
2 年生裸根苗	圃地培育（原床苗培育）	二年
3 年生裸根苗		三年
4 年生裸根苗		四年
换床苗 1-1	换床移植继培	1—1（1 年生原生苗换床移植再培育 1 年）
换床苗 1-2	换床移植继培	1—2（1 年生原生苗换床移植再培育 2 年）
容器苗 2	种子播袋培育	2 年（种子直接播袋培育 2 年）
容器苗 1-1	原生苗移袋继培	1—1（1 年生原生苗移袋后培育 1 年）
容器苗 1-2		1—2（1 年生原生苗移袋后培育 2 年）
容器苗 2-0.5		2—0.5（2 年生原生苗移袋后培育半年）

53~100%。而提高的幅度随立地条件好坏而有所差异。但不同种类的云杉苗木，培育成本有较大差异。因此应根据造林地的条件选用适宜的云杉苗木种类植苗造林。

此外，造林前应对云杉苗木作等级划分。用相应类型的一、二级云杉苗进行植苗造林，这样可获得好的造林效果。尤其是选用一、二级云杉裸根苗造林的作用更为显著，与不选苗相比可以获得 10%~40%的增益效果。

表 6—2 不同云杉苗木种类的植苗造林保存率及其生长指标的比较

苗木种类	对比指标				
	保存率/%	苗高/cm	地径/cm	冠幅/cm	当年高生长量/cm
容器苗 1—3	93.15	30.20	1.00	27.61	8.33
换床苗 1—3	77.19	26.94	0.89	22.06	7.55
4 年生裸根苗	42.55	34.95	0.80	20.40	6.62
3 年生裸根苗	45.42	21.67	0.56	13.77	5.25
2 年生裸根苗	50.45	13.62	0.37	8.19	4.11

3、造林方法

(1)造林季节。香格里拉、德钦等云杉主要造林区掌握好造林季节尤显重要。根据该地区春(3~4月)、夏(6~7月)、秋(9~10月)三个季节的云杉造林保存率的对比试验结果,秋季的云杉植苗造林保存率最低,而春季、夏季相差不大。但春季云杉植苗造林因受冬、春季降水的影响,其成活率和保存率的变动幅度很大,且缓苗期长。故云杉的造林季节以夏季为最好,其存苗较稳定。可根据当年雨季到来的时间选择夏季的具体造林时间。

(2)清林方式。这里指的对造林地上箭竹、悬钩子、其他灌木或阔叶树的砍除方式。不同的清林方式对云杉的植苗造林成活率和保存率均有显著的影响。选用合理的清林方式可提高云杉植苗造林成活率和保存率的 10%~35%。清林方式的选择,主要考虑灌木层、箭竹层或阔叶林林冠层的盖度和高度及所在的坡向对云杉造林地遮荫度的影响。一般说来,若造林地的箭竹、悬钩子以及其他灌木或阔叶林的盖度在 0.4 以下时,不需要进行清林;超过 0.4 时,可以采用窄带清林,而对于比较高大的落叶阔叶林则应采用宽带清林。

(3)栽植密度。对于云杉造林困难的地区,用其植苗造林的密度来调节成活和保存株数,促进林木提早郁闭将具有重要作用。据密植(1m×1m)、中等密植(1m×1.5m)和稀植(1.5m×1.5m)的云杉植苗造林对比试验结果,密植和中等密植的造林地所保存的云杉苗木株数分别比稀植高 119.3%和 34.3%。因此可根据造林地类型和使用的云杉苗木种类选择其合理的造林密度。

(4)栽植方式。对一些造林难度很大的地段(立地条件很差、受放牧影响很严重的地段)可采用双植(每塘种植云杉苗两株)的栽植方式,能增加植苗造林保存率 20%以上,从而提高所保存云杉苗木的均匀度,也可增加单位面积的云杉苗木保存的株数,而获得好的造林效果。

(5)选择优良的技术组合。云杉造林综合试验和单项试验的结果表明,各项技术措施对云杉植苗造林的成活率、保存率的影响存在着加性和互补效应的客观规律。据此,在云杉植苗造林前应根据造林地的环境条件,选择优良的造林技术措施组合。

造林技术措施组合不仅直接影响云杉植苗造林的成效,而且也影

响到其的造林成本。因此，评选云杉造林技术措施的最优组合时，应体现出具有良好的造林效果和较低的造林成本上。在选择时，应提出两个或两个以上的方案，经综合考查后，从中选出最佳方案。

4、造林更新调查设计

云杉的造林更新调查设计是其人工造林更新作业的基本依据，也是对其造林更新检查的基本依据，又是加强云杉造林更新管理工作的重要标志。因此，应按造林更新管理程序，对云杉的造林更新调查设计工作作严格的要求，按规定内容切实做好。

云杉造林更新调查设计工作的主要内容及步骤是：

(1) 踏查 主要是了解造林更新地区的概况，作业区的范围、林地类型的分布及有关的自然条件、放牧情况等，并根据踏查结果制定工作方案。

(2) 测绘 分林班或按自然地形用罗盘仪进行导线测量，按精度要求绘制图面材料。

(3) 区划 分作业区、林班和小班三级进行区划，林班按自然地形划分，小班按林地类型划分，面积过大时，按小地形、坡度、坡位等再进行划分。

(4) 调查 调查内容包括自然条件、植被、土壤、迹地类型、采伐情况（采伐方式、采伐时间、采伐强度、天然更新状况等）。

(5) 进行造林更新等级的划分及作技术措施设计。

(6) 编制小班情况一览表。

(7) 编制造林更新工作作业量一览表。

(8) 提交作业设计图及设计说明书。

5、造林工作的检查验收

云杉造林更新工作结束后，应按照有关的造林更新质量检验规定于造林更新的当年或次年（越冬以后）进行检查验收。

检查验收时应采取机械抽样的方法，设置样地对云杉的造林更新效果进行实测。其样地测定的内容造林成活率、单位面积的苗木成活株数及主要苗木生长指标。然后对云杉的造林更新工作的作业质量及更新效果做出评价，写出检查验收报告。

七、育林期的营林技术

云杉人工林的培育周期较长。按现代森林经营理论，从人工造林开始直至森林采伐利用作为育林周期，而建立科学的经营体系。根据香格里拉云杉造林试验的初步结果，其人工林的生长远远大于天然林。以保留 4000 株/hm² 作为合格的云杉造林后的单位面积保存株数，则 10 年左右林木可以郁闭，20 年林木即开始进入自然稀疏阶段。所以从造林以后即应按云杉林分生长发育过程采取科学合理的经营措施。

（1）林地管理

根据丽江云杉的特性，幼树期需要一定的侧方庇荫，但随着年龄增长，林木达5年生以上，则需要在全光条件下生长。所以在林分郁闭以前，需要连续进行抚育。造林后的第一次林地管理工作尤为重要，重点是对成活植株作培土、扶正、踏实的管护工作。切忌铲动穴面土和伤苗。第二年的林地管理工作主要是除草、培土。第三年的林地管理工作除草、割灌。第四年的林地管理工作是除去妨碍幼树生长的草木或灌木。第五年作带状的管护作业，全面除草，割、砍去竞争植物，适当保留阔叶树。

云杉人工林林地土壤的肥力，随幼林林龄增加，而呈现逐步下降的趋势。因此在云杉人工林的幼林期应加强林地的土壤管理，主要是加强林地的除草、松土工作以加速枯枝落叶和有机质的分解，必要时可根据培育目的需要，在云杉幼林进入高生长旺盛期时，于生长季节到来前给林地适当增施氮磷肥。

（2）透光抚育伐

在光照水分供应正常的情况下，云杉人工林林木树高的连年生长量通常应保持在30cm以上，若达到此标准是因为林分光照不足，必须及时采取透光抚育伐措施。在云杉人工林10~15年生时，伐除上层林木，使幼树能在全光条件下生长。

（3）生长抚育伐

云杉人工林的生长抚育伐一般从Ⅱ龄级开始，在15~20年内完成林分的生长抚育伐。其目的主要是调整云杉林分的密度，为保留木创造最适宜的营养空间，促成林木生长快、干形好，以达到云杉人工林的优质高产。云杉人工林的生长抚育伐应推行定量间伐的技术，其间伐的强度可根据云杉林分的立地条件和经营水平而定。

（4）病虫害防治

云杉病虫害主要发生于苗圃育苗的幼苗时期，其防治前已述及。在育林期，病虫害较少发生，主要有：

①云杉球果锈病。防治方法：在病害发生区，喷0.1%2,4-D杀灭稠李等蔷薇科的中间寄主植物。砍除严重云杉球果锈病病害木。采摘云杉球果时严格选无病木。

②云杉枯梢病。云杉枯梢病病原菌危害云杉幼树的枝梢。其病部皮层变黑褐色而坏死，并引起林木枯梢落叶。云杉枯梢病一般发病不重，偶有个别地区会成片发病。防治方法可在冬、春剪去病枝烧毁，或喷洒硫酸酮：生石灰：水为1：1：150的波尔多液。

八、采伐与更新技术

国务院批准颁发的《森林采伐更新管理办法》的第二条规定：森林采伐更新要贯彻“以营林为基础，普遍护林，大力造林，采育结合。

永续利用的林业建设方针，执行森林经营方案，实行限额采伐，发挥森林的生态效益、经济效益和社会效益”。林业部在为《办法》编写的说明中指出，“在选用采伐方式时要注重三点：一要考虑到森林的防护作用，采伐方式必须有利于水土保持，涵养水源，……。二要本着有利于恢复森林的原则，采伐方式为森林更新创造好条件。三要在采伐合理前提下，采伐方式要有利于降低木材生产成本，提高劳动生产率”。

云杉林是滇西北地区亚高山针叶林的重要组成部分。由于本区处于横断山区及三江并流的特殊地理位置和所具特殊的地貌条件，决定了本区森林的重要生态价值和生态屏障作用。

为探索滇西北地区包括云杉在内的亚高山针叶林合理采伐及有效更新的途径，云南省林业科学院高山组，对滇西北亚高山针叶林林分类型、林分结构及其林分特性；各林分类型的天然更新过程、世代更替规律以及不同采伐方式对更新的影响；不同林分类型的保土性能及其不同采伐方式对土壤侵蚀的影响等进行了综合性的调查研究。研究表明，只要遵循森林生态系统发生和发展的自然规律，采取合理的采伐方式，并辅以积极的人为措施，使本区的森林资源实现生态效益、更新效果及经济效益三者的统一是完全可能的。并在此综合研究的基础上提出了，以林分类型及其结构特征为基础，以其利用特征、更新特性及保土性能为依据确定采伐方式，实现经济、生态和更新效益三者兼顾的科学途径。

1、主伐年龄的确定

国务院批准颁发的《森林采伐更新管理办法》规定南方云杉的主伐年龄为 80 年以上。调查研究结果表明，滇西北地区不同海拔高度及类型的云杉天然林其林木生长过程中的生长速度有较大差异，林木树高和胸径平均生长量及连年生长量随年龄增长、持续衰退的变化规律，均有较大差异。分析这些差异可以看出：

(1) 滇西北地区的天然云杉林林木的树高和胸径连年生长量增长持续的时间很长。其林木的生长旺盛期普遍达 120 年以上，甚至超过 150 年；林木的树高和胸径连年生长量与其平均生长量的交会点也在 100~120 年或 120~140 年。为此从培育大径材出发，应适当加大云杉天然林的主伐年龄的年限。

(2) 云杉人工林林木的生长速度较快，采伐年龄可以提前至 60 年左右。由于缺乏例证，其科学的采伐年龄尚待研究。

2、采伐方式

从生态系统的观点看，森林采伐是森林生态系统的一次性输出，其输出量和输出方式将直接影响系统环境变化和系统发展的可持续性。因此，在确定某片云杉林的采伐方式及采伐量时，应从其的系统

结构特性、系统的利用特性以及采伐后的系统变化趋势，作统筹考虑。

(1) 林分经营利用类型的划分

在采伐利用、更新效果及防护效能三者相互结合、相互统一的原则下，按林分的经营利用特性，可将云杉林分为以下几种经营类型：

①防护型 生长于易引起严重水土流失或滑坡的陡坡地带的云杉林,生长于水源区的云杉水源涵养林等均为防护型的云杉林。

②防护——利用型 为以防护作用为主，木材利用为辅的云杉林。如生于草甸周围的云杉林，生于易于沼泽化地及沟谷两侧陡坡和抗蚀能力很弱地区的云杉林。

③利用——防护型 以利用木材为主，兼顾防护作用的云杉林。其林地的抗蚀等级为Ⅱ级和一部分为Ⅲ级，但为生长于缓坡地带的云杉林。林地的抗蚀等级划分见表 8-2。

④利用型 以采伐利用为主的云杉林。

各类型云杉林的经营利用措施应服从于经营利用方向。防护型云杉林的经营利用应以提高林分的防护性能、确保更新为原则；防护利用型云杉林应以充分发挥林分的防护效益、保证林分的更新为前提。这两种类型的云杉林均不能进行主伐性质的利用，只能在保证林分发挥生态效益的前提下进行抚育性的采伐利用。后两种类型的云杉林则在兼顾生态环境系统承载能力基础上，可进行主伐性质的采伐利用，但亦应为林分的更新创造条件，以确保森林的及时恢复。

(2)、林分结构类型的划分

包括云杉林分林木的年龄结构、径级结构、树高及层次结构、林冠结构。它们是云杉林分一定时期发育的产物，最能反映该森林生态系统现阶段的特性，而能为制定该林分的经营利用方案提供依据。

云杉林的林分结构类型是在其林分类型的基础上划分的，主要应反映云杉林的林分年龄、层次、林木的径级及林冠结构的特性。按年龄和层次结构可将云杉林分为复层异龄林、单层同龄林等类型。具体划分时，应根据抽样调查数据，按各层次林木的高度、株数、年龄分布，各径级的林木株数、各林冠层的郁闭度等来确定，并制定其的经营利用方案。

根据调查结果，将滇西北地区云杉林的主要林分结构类型的特征及其所处的生境列入表 8—1，以供实际利用参考。

表 8—1 、云杉林的林分结构类型及其主要特征（含生境状况）

林分类型	乔木层的郁闭度	生境	林分结构特征				
			年龄结构	林木径级结构	林冠结构	大径材占蓄积比重	林木腐朽情况
箭竹—云杉林	云杉 0.6~0.9	海拔 3000~3600，中厚至厚层土壤	6~8 个年龄级	大径占 90%以上	2~3 层	大径占 95%以上	20% — 40%

灌木— 云杉林	云杉 0.8~0.9	海拔 3000~ 3600, 中厚至 厚层土壤	6~10 个龄级	大径占 90%以上	2~3 层	大径占 95%以上	30% — 40%
针阔混 交林	针叶 0.3~0.4 阔叶 0.5~0.6	海拔 2900~ 3300, 厚层土 壤	8~10 个龄级	大径占 40%左右	2~3 层	大径级占 90%以上	20% — 40%
箭竹— 云冷杉 林	云杉 0.3~0.4 冷杉 0.3~0.4	海拔 3500~ 3700, 中厚至 厚层土壤	10个龄 级以上	冷杉下层 云杉上层	4~5 层	云杉大径 占 80% 以上	50% — 70%
灌木— 云冷杉 林	云杉 0.4~0.5 冷杉 0.5~0.6	海拔 3500~ 3700, 中厚至 厚层土壤	10个龄 级以上	云杉上层 占 10~ 15%	4~5 层	云杉大径 占 90% 以上	25% — 40%

(3)、林地的抗蚀等级的划分

林地抗蚀能力的强弱是森林植被截流降水, 提高林地土壤水分下渗能力、减少地表径流能力的反映, 是其系统稳定性及可持续性的重要标志。调查研究结果表明, 在相同的气候条件下 (主要是降水量、降水季节分配及降水强度等条件), 林地的抗蚀能力主要受林分类型, 尤其是林分中的灌木层、草被层的种类、盖度以及坡度的影响。而在这些条件都相同的情况下, 林地土壤的侵蚀状况则主要受采伐及采伐作业方式的影响。调查结果表明, 相同坡度不同类型皆伐迹地的土壤侵蚀面积、土壤侵蚀强度以箭竹类型最小, 藓类类型最大, 灌木类型居于二者之间。三者相比, 藓类类型和灌木类型林地的面蚀强度分别为箭竹类型的 300%~350%和 170%~200%。迹地的坡度每增加 10°, 箭竹类型、灌木类型和藓类类型的林地侵蚀面积分别增加 6%、10% 和 20%左右。

根据林地土壤侵蚀强度与植被类型、植被盖度、坡度的关系, 将云杉林地的抗蚀能力划分为强 (I 级)、较强 (II 级) 和弱 (III 级) 三个等级 (表 8—2)。可以根据云杉林分现有下层植被及采伐以后, 林分植被的变化状况确定林地抗蚀等级并作为选择其采伐方式及采伐作业措施的一项重要依据。

表 8—2 云杉林地抗蚀等级划分的主要指标

抗蚀等级	可能侵蚀强度	植被类型及盖度	坡度范围	备注
I	抗蚀能力强, 无侵蚀或弱度片蚀。	箭竹类型 >0.6 灌木类型 >0.7 草地类型 >0.8	<40° <30° <18°	① 在多雨、降雨强度大的地区应降低其坡度范围。
II	抗蚀能力较强可能出现弱度片蚀至中度片蚀	箭竹类型 0.4~0.6 灌木类型 0.5~0.7 草地类型 0.6~0.8	<40° 30°~35° 18°~24°	② 阳坡及土壤较薄或土壤透水性差的地段应降低坡度范围及

III	抗蚀能力弱,可能出现中度以上片蚀或弱蚀。	灌木类型 <0.4 草地类型 <0.6 藓类杂草类型<0.6	>35° >24° >18°	抗蚀等级。 ③ 杜鹃类型按灌木类型进行划分。
-----	----------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------

对于抗蚀能力弱的云杉林分,可以通过采取相应的采伐方式和采伐强度,来控制林地(迹地)的侵蚀强度。一般说来,对云杉林采用择伐和渐伐的采伐方式可以使林地(迹地)的侵蚀强度下降50%~70%。

(4)、采伐方式的确定

滇西北地区是国家实施天然林保护工程的重点地区。除了自然保护区按规定划分的禁伐林外,对其余可采伐利用的云杉林,应在兼顾其生态效益的同时,从充分利用森林资源的角度,择伐、渐伐(二次渐伐和三次渐伐)、小面积皆伐几种采伐方式。

①滇西北地区的云杉林无论是单层异龄林还是复层异龄林,在以生态保护为主的地段,均应实行择伐。首先伐用大径级、心腐的和年龄大的林木。其分次的择伐强度不得大于伐前林木蓄积量的40%,且伐后林分的郁闭度应保留在0.5左右。对伐后容易引起林木风倒的林分,择伐强度应当适当降低。两次择伐的间隔期不得少于一个龄级期。

对云杉、冷杉混生林分。可以根据林地抗蚀等级实行不同强度的径级择伐(伐除上层林木),采伐后对更新不合格的迹地可以补植云杉,形成新的混生林分。

②对可依靠天然更新形成复层异龄林的云杉林,可实行渐伐。其全部的采伐更新过程不得超过一个龄级期。对云杉林上层林木郁闭度较小,林内幼苗、幼树株数已经达到更新标准的云杉林,可施行二次渐伐,第一次渐伐的采伐量为林木蓄积量的50%;对上层林木郁闭度较大,林内幼苗、幼树株数达不到更新标准的云杉林,可施行三次渐伐,第一次渐伐的采伐量为林木蓄积量的30%,第二次渐伐后保留林木蓄积量的50%,当林内更新起来的幼树接近或者达到郁闭状态时进行第三次渐作。

③对生长于坡度平缓,立地条件较好的云杉成、过熟单层林,可实行小面积皆伐。皆伐面积一次不得超过5公顷,在采伐带,采伐块之间,应当保留相当于皆伐面积的林带、林块。对保留的林带、林块,待采伐带(块)迹地上更新的幼树生长稳定后方可采伐。

云杉林采伐方式的确定,应以林分类型及林分结构特征,天然更新能力、现实更新状况及应采取的更新方式(人工更新或天然更新),林地抗蚀能力及可能引起的土壤侵蚀状况为依据。

云杉林的天然更新一般不良。因此对云杉林进行采伐利用时,应充分考虑林地抗蚀能力及可能产生的土壤侵蚀后果。按林地的抗蚀等级分别采取小面积皆伐(灌木类型的伐块宽度不应超过100m,箭竹

类型可适当加大伐块的面积)或择伐(抗蚀能力弱的林分)。择伐的间隔期以植被恢复为原则。采伐后的迹地均需进行人工更新。

3、更新方法

一个树种天然更新能力的强弱首先取决于该树种的生物生态特性和更新特性,其次决定于森林环境条件及采伐以后环境条件的变化。对几种亚高山针叶树种进行比较,天然更新能力由强至弱的顺序为高山松——冷杉——大果红杉——云杉,相比之下,云杉的天然更新能力最差,仅在郁闭度0.2以下的稀疏林地、大林窗或有侧方庇荫的林缘地带有一定的更新效果,从开始更新到郁闭成林是一个较长的过程。

根据滇西北地区云杉林的更新状况以及本区生态保护和资源利用有机结合的资源利用特点,对云杉林皆伐迹地应施行人工造林更新;择伐和渐伐迹地,应根据实际情况采取人工更新为主,天然更新为辅或以天然更新为主,辅以人工造林更新的方法。

总的说来,无论是那种采伐方式,均应为其采伐迹地的更新创造有利条件,以提高更新效果。

九、产业化规模经营前景

有专家指出,21世纪我国的森林经营是以森林生态为基础,以森林持续发展为原则,实现森林经济、社会和生态三大效益有机结合的一体化经营。

云杉是滇西北亚高山针叶林树种中林木生长快、生长期长、单位面积林木蓄积量高,具有很好的产业化规模经营前景的树种。云杉分布区地处三江并流区,是我国实施天然林保护的重点地区。森林功能的两重性,即森林的生态保护功能与资源的经济功能集于一体,是产业化规模经营云杉林的突出特点。因此,解决好资源保护与利用的关系,是实现本区云杉产业化规模经营的核心问题。要实现本区的云杉产业化规模经营需解决以下问题:

1、坚持以生态保护为中心,实施资源保护与合理开发利用相结合的方针。

从1998年开始的天然林保护工程,全面停止了本区的天然林商品性采伐,至1997年的10年间,天保工程取得了显著成效,森林资源增长率达24.9%,有效地保护了滇西北地区的天然林资源。

天然林保护工程第二期,国家在政策上作了进一步完善和调整,提出继续以从根本上遏制生态环境恶化,保护生物多样性,促进社会、经济的可持续发展为宗旨,要以维护和改善生态环境,满足社会和国民经济发展对林产品的需求为根本目的。对天然林进行重新分类和区划,科学调整森林资源的经营方向,以促进天然林资源的保护、培育和发展。

天保二期工程提出把培育森林资源、保护生态环境作为转变林区发展方式的着力点，以巩固天保工程一期建设成果为基础，以保护和培育天然林资源为核心，以“兴林富民”为目标，以保障和改善民生为宗旨，以调整完善政策为保障，努力实现资源增长、质量提升、生态良好、产业发达、民生改善、林区和谐，服务保障的桥头堡和“森林云南”建设。

天保工程区政策的调整，为滇西北地区林业发展提供了新的机遇，注入了新的动力。在这新的形势下，确保森林资源的有效保护与产业开发的协调发展，是实现包括云杉在内的亚高山针叶林区林产业规模化经营的首要问题。

2、坚持分类经营原则，完善森林分类和区划。

在当前林业发展的新形势下，要使林业步入发展的快车道，走上良性发展的道路，更好服务于经济建设。就是要切实实行森林分类经营，按照相关政策，调整森林分类和区划，划分重点生态公益林、一般生态公益林和商品林，按各类森林的功能，进行有效的经营、管理和利用。

大江大河及主要支流源头的生态区位十分重要。对其中的关系国土生态安全的天然林，特别是在天保工程实施期间营造的生态公益林，应得到有效的经营、管理和保护，以加速其林森林生态系统良性演替的进程，更好地发挥其的生态功能，而确保国土的生态安全。

集生态需求与可持续经营利用于一体的云杉林划为一般公益林，可实施一般性保护。根据可采资源状况，进行适度的经营择伐及抚育伐，以促进林木的生长及提高林分质量。对一般的云杉生态公益林应坚持因地制宜，用地养地，丰富物种，综合治理，稳产高效的建设方针，在加强森林资源保护管理的同时，积极开展科学研究、大力发展生物资源、合理进行森林多资源的开发利用，实现林业经济社会和生态环境的可持续发展。

在地势较平缓、立地条件较好，森林采伐后对生态环境不产生重大影响的云杉林区可划为商品林经营区。采取集约经营的方式，以较少的土地和较短的周期，定向培育具有适度规模的云杉速生丰产用材林。

3、适应林权制度改革新形势，调动林农发展林业的积极性

在集体林林权制度改革中，云南是我国西部地区最早完成明晰产权任务的省份。对于滇西北林区而言，既是机遇，又是挑战。以迪庆州为例，全州拥有 2825.74 万亩林业用地，其中有集体林面积 1152.77 万亩，占林地面积的 40.8%，集体林面积是耕地面积的 11 倍，林地已成为广大农村的重要生产资料。在此次林改的基础上，针对迪庆州公益林多、商品林少，天然林多、人工林少，林地资源分布不均的特点，围绕“山

有其主，主有其权，权有其责，责有其利”的林改目标，调动林农发展林业的积极性是当前新形势下的首要任务。

(1)、要在创新发展思路上有新突破。紧紧围绕建设“森林云南”的总体部署，加快转变思想观念和林业发展方式，积极调整产业结构，突出产业特色，彻底摆脱广大山区走不出“资源富区，经济穷区”的怪圈以及“大资源、小产业、低效益”的落后局面。

(2)、要在发展规划提升上有新突破。按照“在开发中保护、在保护中开发”的原则，认真编制好林业产业发展规划。对亚高山带适合发展用材林的林地进行统一规划。

(3)、要在夯实林业产业发展基础上有新突破。加快中低产林改造的规划和实施，加强林业产业基地建设，加大资源整合力度，确保林业和林产业建设工程质量。

(4)、形成以森林资源培育为基础、以精深加工为带动、以科技进步为支撑的林业产业发展新格局。

(5)、要在创造良好发展环境上有新突破。进一步完善林木采伐管理、金融服务、支持林业发展的公共财政、林权交易流转等制度，努力营造良好发展环境。

滇西北地区的可趋此良好机遇实现本区的云杉产业化规模经营可持续发展。

4、理顺森林资源管理体制，将云杉商品林的经营管理更多地交给市场，更多地引入社会资金，激发全社会建设林业的积极性，通过市场手段促进云杉林产业的规模发展，提升林区经济结构和产业结构，使云杉林的森林总量明显增加，质量大幅度提高，林区经济结构趋向合理，实现林区经济和社会的同步发展。

5、强化基础保障体系建设。

(1) 加强科技研究与推广

针对滇西北亚高山针叶林研究，特别是良种选育研究的滞后现状，应采取积极措施，加强以涵云杉商品林在内的商品林建设为主要研究内容的主攻方向；完善其科学研究、科技推广和试验示范体系。

(2)、建立云杉的种苗繁育体系。选用良种、培育壮苗是提高林地生产力，达到速生丰产目标的关键措施，是实现“两个根本性转变”的基础。因此，要针对云杉产业化规模经营发展的路径，建立起林木种子生产、种子贮藏与苗木繁育协调发展的云杉种苗繁育体系。

(3)、尽快完善与林业相关的法律和管理制度体系，明确对生态公益林和商品林各自的管理制度。理顺森林资源管理体制，科学制订森林经营规划根据分类经营的原则，理顺森林资源管理体制。成立

公益林管理局，下设国家和地方公益林管理站（所），隶属县政府或县林业局，代表国家或地方管理国家重点公益林，以及地方公益林；实行国家赎买或置换制度，对大江大河源头、生态脆弱、区位重要并被划为生态公益林的个体林，经资产评估后，由国家进行赎买，安排地块置换，变个体林为国有林；成立商品林管理中心，对商品林的培育、生产、流通进行业务指导和监管。以此，完备云杉林的产业化规模经营的管理体制。

（4）、建立林业信息管理体系

为切实提高云杉林产业化规模经营的管理水平，真正实现其集约化经营，利用遥感、信息处理、计算机管理等现代化技术和手段，建立其林业信息管理体系，为管理者提供准确、及时、科学的信息，而制定云杉产业化规模经营的方案。

云杉是滇西北亚高山地带最有产业化发展前景的树种，实现产业化规模经营，的确面临诸多问题。但只要围绕这一目标，应用系统工程方法，不断吸取国内外先进经验，经过较长期的努力，必将在本区林业可持续发展，乃至本区社会经济的可持续发展中发挥重要作用。